

Проф. А. А. ФУКС

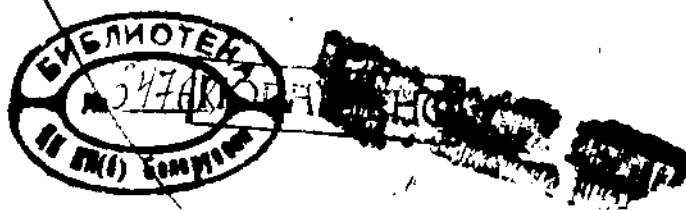
Депозитарий

11649.5
сп-94

РУКОВОДСТВО ПО ПРОИЗВОДСТВУ СПИРТА

ЧАСТЬ 2

*Допущено НКПищепромом СССР
как учебник для техникумов*



РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

СНАБТЕХИЗДАТ

МОСКВА

1935

ЛЕНИНГРАД

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

к книге А. А. Фукса «Руководство по производству спирта»

Стр.	Строка		Напечатано	Должно быть
	свер- ху	снизу		
5	15	—	масляные	маслянокислые
6	16	—	В предыдущей главе было	В главе 17 будет
6	—	2	Диоксиацетон	Глицеринальдегид
6	—	11	+ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \cdot \text{CHO}$	$\text{CH}_2\text{OH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CHO}$
8	9	—	ангидрид	альдегид
8	—	6	+ $2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	+ $2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
18	10	—	Авуکلени	Нуклеины
20	—	17	45% объем	15% объем
35	21	—	масляных бактерий	маслянокислых бактерий
35	—	11	дрожжевого завода	дрожжевого затора
51	—	10	имеет объем 1,2 в 1 100 дкл	имеет объем в 1000 дкл
90	4	—	между клетками чана	между клепками чана
186	—	3 и 4	$D = \frac{218 \cdot 4}{3,14 \cdot 10800} = 0,16 \text{ м} = 160 \text{ мм}$	$D = \sqrt{\frac{218 \cdot 4}{3,14 \cdot 10800}} = \sqrt{0,016} = 0,13 = 130 \text{ мм}$
115	—	1	=,54 л.	= 9,54 л.
123	12	—	к нему 15 см³	к нему 5 см³
124	20	—	после строки 20-й	3) к 100 см³ солодовой вытяжки
			пропущен абзац текста	прибавляют 2 г дрожжей и по-
				ступают, как указано в п. 1-м
137	—	11	в этом случае будут	в этом случае не будут
143	3	—	обработать лохамеон	Обработать хамелеон
165	—	3	сок переходит в А¹	сок переходит в А²
176	15 и 16	—	переработано 74%	переработано в 1928/29 г. 74%
178	1	—	переработки заторов	переработки паточных заторов
			$19 \cdot \frac{1000}{2,50}$	$19 \cdot \frac{1000}{250}$
179	22	—	дрожжей в 35 л.	дрожжей в 35%
187	16	—	16° Бал	17,4° Бал
187	18	—	$1000 \cdot 1,4 \cdot 0,049 = 3,43 \text{ г}$	$1000 \cdot 1,4 \cdot 0,049 = 34,3 \text{ г}$
187	—	15	= 3711	20 = 3731
187	—	11	$1950 \cdot 1000 \cdot 0,25 \cdot 0,49 = 1194 \text{ г}$	$1950 \cdot 1000 \cdot 0,25 \cdot 0,49 =$
188	8	—	$0,55 \cdot 90 \cdot 100 \cdot 100$	$0,55 \cdot 90 \cdot 100 \cdot 100$
			$40 \cdot 80 \cdot 45$	$49 \cdot 80 \cdot 45$
193	13	—	1863 м · 188 бал.	1863 л · 18 бал.
198	10	—	чану в ° Бал	чану в ° Дельбрюка
201	заголовок табл. 38а, 1-й внизу слева		Бактерии (мегатериодис)	бактерии (мегатериодис),
204	—	15	берется 2 см³	берется 1 см³
205	—	18	содержит 3,8%	содержит 33,8%
206	—	18	на рис. 148	на рис. 190а и 190б
207	—	20	в подогреватель К	в подогреватель К₁
212	—	7	варочной барды	паточной барды
213	Подпись под рис. 144			

Стр.	Строка		Напечатано	Должно быть
	сверху	снизу		
222	14	—	40 Бал,	40 Боме,
225	19	—	Неправильная расстановка п. п. 4, 5, 6 в порядке последовательности текста их.	Переменить местами текст и нумерацию п.п. в следующем порядке п. 5—4; п. 6—5; п. 4—6.
227	—	9	(см. рис. 146-б)	(см. рис. 147)
233	11	—	(см. рис. 184)	(см. рис. 148)
238	—	5	На рис. 148	На рис. 149
248	22	—	$\text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3$	$\text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_3$
248	—	9	$+ \text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{OH} +$	$+ \text{CH}_3 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{OH} +$
250	—	5	2 см ²	2 м ²
272	—	24	трубе В,	трубе D,
273	рис. 159	—	Помещен основанием кверху	Повернуть рис. на 180°
288	—	22	на рис. 170	на рис. 173
291	12	—	как раз над	как раз под
297	—	11	и весь дефлегматор	и весь змеевик дефлегматора
303	—	17	P, 546	0,546
309	22	—	около 20 шт.	около 90 шт.
310	12	—	(рис. 417)	(рис. 174)
323	—	17	$0,5 \cdot 0,7 = 0,35 \text{ кг}$	$1,2 \cdot 0,7 = 0,84 \text{ кг}$
324	—	15	48,0	40,0
328	9	—	Несухие вещества	Белков на сухие вещества
347	6 и 18	—	табл. 61	табл. 59
347	—	5	табл. 61	табл. 62
350	8	—	показано суточный в плане	показано в плане
353	11	—	63,7 л	53, л 7
353	13	—	сырого спирта, чтобы	сырого спирта крепостью 90%, чтобы
359	—	1	; в зеленой бражке	; в зрелой бражке

ГЛАВА VII

Сущность брожения

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Хотя спиртные напитки (вино, мед) были известны еще в глубокой древности, но спирт, как таковой, стал известен сравнительно недавно. Алхимик XIII столетия Раймунд Луллий и позднее Базилиус Валентинус получили впервые спирт, подвергнув перегонке виноградное вино, причем первый назвал полученную при перегонке жгучего вкуса жидкость «высшим утешением человека». Однако, в то время понятия о процессе брожения были весьма смутны. Алхимики предполагали, что спирт имеется в готовом состоянии в веществах, способных к брожению, и что при процессе брожения выделяются загрязняющие спирт вещества (дрожжи) в виде пены.

Знаменитый химик Ван Гельмонт в половине XVII столетия, изучая процесс брожения, заметил, что при нем всегда выделяется какой-то газ и что для возбуждения брожения необходим специальный возбудитель, или фермент.

Ближе подошел к вопросу о том, чем вызывается брожение, знаменитый Антон Левенгук (1632—1723 г.). Он первый устроил микроскоп с увеличением в 150 раз и увидел, что в бродящей жидкости имеются маленькие, быстро двигающиеся существа, которые он назвал инфузориями. Эти инфузории, по его мнению, и вызывали брожение.

Затем в 1762 г. венский врач Марк Антоний Пленчиц распространил взгляд Левенгука о брожении и на процесс гниения, придя к выводу, что «гниение начинается тогда, когда в загнивающем теле начинают размножаться зародыши червеобразных существ, ибо эти существа выделяют массу состоящих из летучей соли веществ, благодаря которым гниющая жидкость становится мутной и зловонной».

Таким образом Пленчиц был близок к современным взглядам на брожение. Затем англиканский пастор Нидгэм выступил (1745 г.) со своей теорией самозарождения, которую он основывал на следующем опыте, им проделанном. Мясной сок кипятился некоторое время в колбе; последнюю затем герметически закрывали и оставляли стоять несколько недель. Когда колбу открывали, в ней находили много инфузорий. Так как при кипячении, как предполагал Нидгэм, были убиты все зародыши и в герметически закрытый сосуд они проникнуть не могут, то отсюда Нидгэм сделал вывод, что организмы, оказавшиеся в колбе, могли появиться только путем самозарождения из неживых частей жидкости.

В середине XVII столетия врач Ред и поставил простой опыт, который сильно поколебал теорию самозарождения. Он покрыл свежее мясо кисеей, и через некоторое время личинки появились не на мясе, а на кисее. Таким образом было доказано, что «червячки» на мясе образуются от личинок мух, а не от самого мяса.

Через 20 лет после Нидгэма выступил со своей работой итальянский аббат Спаланцани, который оспаривал самозарождение организмов; он изобрел способ консервирования мяса, рыбы и пр. и утверждал, что если кипятить мясной бульон $\frac{3}{4}$ часа и привести этот бульон в соприкосновение с воздухом, прошедшим через огонь, то никакого самозарождения не будет.

Сторонники идеи самозарождения организмов возражали и говорили, что опыты Спаланцани неубедительны, так как, пропуская воздух через огонь, он сделал воздух его негодным. Таким образом загорелся спор между сторонниками и противниками идеи самозарождения организмов; спор этот длился около 100 лет и закончился только в середине XIX столетия.

Ф. Шульце (в 1836 г.), чтобы доказать, что можно вводить воздух, и не прошедший через огонь, через питательную жидкость так, чтобы она не бродила, устроил прибор, показанный на рис. 79. В склянке имеется питательная жидкость. Она закрывается пробкой, в которую входят две трубочки. Склянка ставилась на песчаную баню, и последняя нагревалась на огне до тех пор, пока пар, выходящий из трубочек, не нагревал все части прибора до 100° Ц. Тогда с одной стороны закрывали как можно скорей конец трубочки прибором, в который был влит раствор едкого натра, а с другой стороны прибором, в который была влита

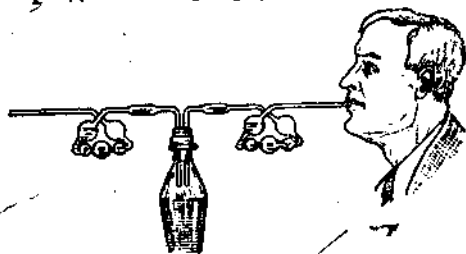


Рис. 79. Опыт Шульце для доказательства, того, что самозарождение не существует.

Позже, в 1853 г., Шредер и Дюш повторили опыт Шульце, но они просасывали воздух не через серную кислоту, а через трубочку с ватой, причем их смутило то обстоятельство, что в некоторых случаях ватный фильтр действительно помогал и брожения в склянке не было, а в других случаях наступало брожение, хотя воздух также просасывался через ватный фильтр.

С идеей самозарождения организмов боролись ученые Каньяр-Латур, Кютцинг, Шванн, которые стояли на той точке зрения, что брожение вызывается растительными микроорганизмами, размножающимися в питательной среде, и что брожение есть физиологический, или жизненный, процесс этих организмов.

Знаменитый химик Либих (1839 г.) был противником идеи, что брожение вызывается микроорганизмами, и выдвинул для объяснения процесса чисто механические причины. Он объяснял, что элементы тел, способных к брожению, весьма подвижны, вследствие чего они легко распадаются, образуя другие перегруппировки. Для возбуждения такого распада достаточно небольшого толчка, который получается от возбудителя брожения—фермента. Ферменты не представляют какие-либо определенные вещества, но вообще все тела, содержащие азот и находящиеся в периоде разложения, могут переносить свое разлагающее действие на другие тела, способные к брожению.

В 1860 г., когда Парижская академия наук выдвинула для соискания премии тему: «осветить при помощи точных и убедительных опытов вопрос о самозарождении», за решение задачи взялся знаменитый Пастер. Он выяснил, что некоторые микроорганизмы (сенные бациллы, масляные бактерии) размножаются спорами, причем последние весьма живучи и выживают даже после двухчасового кипячения; но если повторить эту стерилизацию кипячением через 1—2 дня, в течение которых проросшая спора дала новый организм, то этот последний уже при кипячении умирает; после такой повторной стерилизации сусло будет совершенно стерильно и забродить не может, даже если оно будет иметь соприкосновение непосредственно с атмосферным воздухом, но будет помещено в колбе его конструкции (рис. 85). Если в это стерильное сусло, которое могло не только несколько дней, но и несколько лет простоять без малейших признаков брожения, задать посредством платиновой проволоки даже ничтожное количество какого-либо микроорганизма, то весьма быстро начинается в нем брожение. Таким образом Пастер доказал, что брожение вызывается различными микроорганизмами, и без зародыша микроорганизма брожение начаться не может.

В 1896 г. Бухнер, растирая пивные дрожжи с песком, чтобы разрушить их наружную оболочку, и подвергая затем полученную массу давлению в 300 атм., получил сок, который, не имея ни одной живой дрожжевой клетки, вызвал сильное брожение сахарного раствора. Этим он доказал, что брожение сахара вызывается не живой дрожжевой клеткой, а энзимом, который клеточка вырабатывает и который он назвал «зимазой».

Таким образом брожение не есть физиологический, жизненный процесс микроорганизмов, а химический процесс распада сахара или других веществ под влиянием энзима, точно так же, как переход крахмала под влиянием энзима диастаза в сахар и декстрины есть чисто химический процесс.

Что касается теории самозарождения, то в настоящее время считают, что для появления какого-либо организма необходим зародыш. Что касается первичного самозарождения, то здесь можно привести мнение Энгельса о том, что первая живая клеточка на земле появилась именно путем самозарождения из неорганической материи при содействии неорганического катализатора.

Пастер предполагал, что врагами дрожжей в бродильных производствах являются молочнокислые, маслянокислые и уксуснокислые бактерии, и не думал, что и дрожжи могут быть врагами производства. Г а н

зэн в 1881 г. впервые получил дрожжи чистой культуры. Тогда стало возможным изучать различные роды дрожжей и среди них различные расы дрожжей.

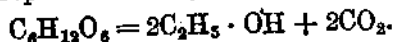
Ганзен выработал методы анализа дрожжей и показал, что не только роды дрожжей различаются резко по своим свойствам, но и расы дрожжей тоже различаются по своим качествам, которые они сохраняют наследственно.

Роберт Кох в 1883 г. выработал методы получения чистых культур из бактерий. В 1892 г. Линднер получил чистую культуру дрожжей расы II, которыми мы пользуемся до сих пор. В 1896 г. Верлинский институт бродильных производств, пользуясь методом Коха, выделил молочнокислые бактерии чистой культуры для винокуренных заводов, которыми мы также пользуемся до сих пор для закисания молочнокислого дрожжевого затора.

СПИРТОВОЕ БРОЖЕНИЕ

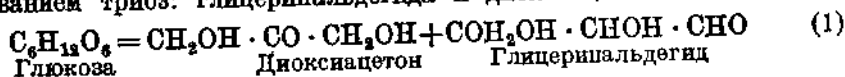
В предыдущей главе было указано, что растворы глюкозы могут дать при брожении не только спирт и углекислый газ, но и молочную кислоту, масляную кислоту, альдегид, ацетон, бутиловый спирт и т. д., в зависимости от того, какие микроорганизмы попали в этот раствор. Техноруку завода для достижения наибольшего успеха в деле необходимо брать для производства дрожжи чистой культуры и стараться всеми силами избегать инфекции, или заражения, заторов посторонними микроорганизмами.

Но количество получаемого спирта при брожении сахара, даже в том случае, когда в затор заданы дрожжи чистой культуры, в значительной степени зависит от условий, при которых идет брожение. Наибольший выход спирта получается, когда брожение идет в слабых растворах, имеющих кислотность 0,2—0,3° по Дельбрюку. В таких слабых сахарных растворах брожение совершается по уравнению Гей-Люссака:

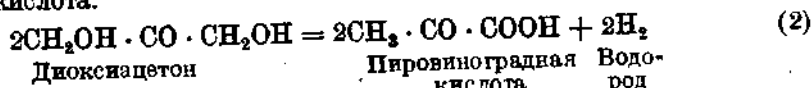


Но реакция идет не так просто, как здесь изображено; вопрос этот все еще прорабатывается и окончательно еще не выяснен.

А. Н. Лебедев предполагает, что сначала глюкоза распадается с образованием триоз: глицеринальдегида и диоксиацетона:



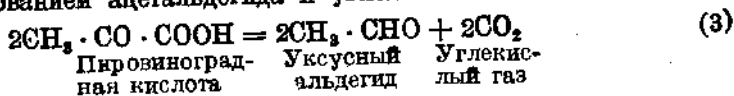
Из диоксиацетона образуется при выделении водорода пировиноградная кислота:



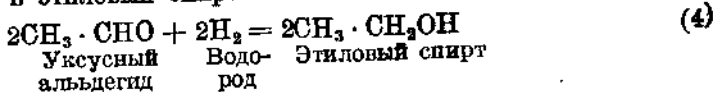
и соответственно из глицеринальдегида:



Пировиноградная кислота при действии энзима карбоксилазы распадается с образованием ацетальдегида и углекислоты:



Затем уксусный альдегид восстанавливается помощью выделяющегося водорода в этиловый спирт:



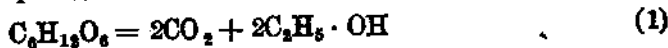
В результате получают окончательные продукты: спирт и углекислота по уравнению Гей-Люссака.

Нейберг показал, что если задать во время брожения в сахарный раствор или хлебный затвор сернистокислый натр, который связывает уксусный альдегид, выделяющийся, как выше указано, в качестве промежуточного продукта в третьем этапе брожения, то получается значительное количество глицерина, причем выход спирта сокращается. Точно так же сокращается выход спирта из глюкозы, если реакция брожения сахара идет в щелочной среде.

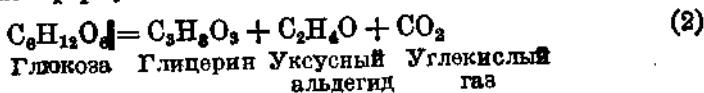
Благодаря работе Нейберга в Германии было организовано во время империалистической войны производство глицерина путем ображивания сахара, причем получали в месяц не менее 1000 т глицерина; выход последнего составлял около 15—20% ображиваемого сахара.

Нейберг считает, что процесс спиртового брожения может проходить по следующим различным вариантам.

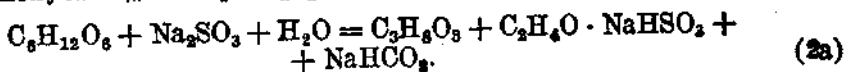
Форма первая обычного спиртового брожения, которая дает наибольший выход спирта и проходит в слабо кислой среде по формуле:



Форма вторая брожения с прибавкой сернистокислого натрия; ее Нейберг изображает формулой:

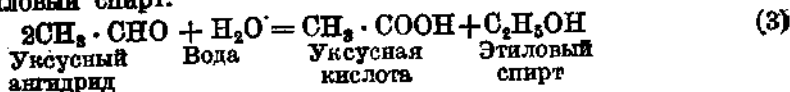


или, вводя сернистокислый натр, который образует с альдегидом соединение, получают для второй формы брожения формулу:



В то время как при обычном спиртовом брожении, идущем по формуле (1), получается глицерина в количестве 2—3% от сброженного сахара, при прибавлении сернистокислого натрия количество глицерина составляет 23,4%, а ацетальдегида 11,9%. Высокий выход глицерина показывает, что источником его является глюкоза, а не какая-либо составная часть дрожжей.

Третья форма брожения по Нейбергу происходит, когда брожение совершается в щелочной среде. Когда в затор прибавляют щелочь, например соду, тогда невозможно связать уксусный альдегид, выделившийся при разложении пировиноградной кислоты; две частицы уксусного альдегида, присоединяя частицу воды, образуют уксусную кислоту и этиловый спирт:



В окончательном виде брожение в щелочной среде, если только щелочь не находится в таком количестве, что приостанавливает жизнедеятельность дрожжей, совершается, по Нейбергу, по следующей формуле:



причем на одну молекулу спирта и на одну молекулу уксусной кислоты должно получиться две молекулы глицерина.

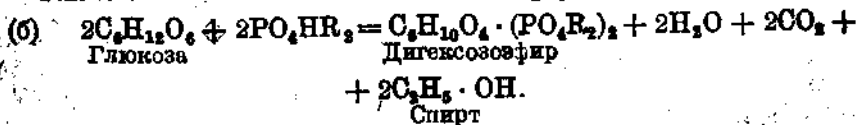
Если технорук спиртового завода желает, чтобы у него был наивысший выход спирта, он должен стараться, чтобы в заторе была небольшая кислотность в 0,2° Дельбрюка.

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ НА СПИРТОВОЕ БРОЖЕНИЕ

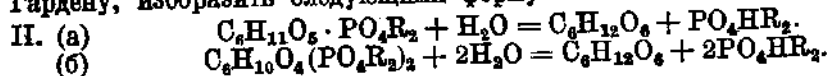
При ображивании сахарных растворов помощью зимазы или помощью препарата «зима» (дрожжей, убитых апетеном) соли фосфорной кислоты являются сильными активаторами, которые увеличивают скорость брожения почти в 20 раз.

Гарден и Ионг показали, что в таких случаях скорость ображивания сахара пропорциональна количеству прибавленного фосфата. При этом сахар-глюкоза образует с фосфорной кислотой эфиры: моногексозоэфир $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_5 \cdot \text{PO}_4\text{R}_2$ с одной молекулой кислоты (R — обозначает металл соли) и дигексозоэфир $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4 < \frac{\text{PO}_4\text{R}_2}{\text{PO}_4\text{R}_2}$ с двумя молекулами кислоты.

После прибавления фосфатов в сахарный раствор, в который задан зими, начинается энергичное брожение, причем содержание свободных фосфатов в бродящей жидкости все более и более падает, и к концу периода сильного брожения свободных фосфатов почти нет. Гарден объясняет этом тем, что в периоде сильного брожения фосфорная кислота образует с сахаром вышеуказанные эфиры и процесс спиртового брожения в этой фазе можно изобразить в следующих формулах:



Когда спиртовое брожение ослабевает и замирает, то в бродящей жидкости сильно возрастает содержание свободных фосфатов вследствие распада гексозофосфорных эфиров, и эту стадию брожения можно, по Гардену, изобразить следующими формулами:



| Во время всего процесса брожения происходит энзиматический гидролиз гексозофосфатов посредством энзима гексозофосфатазы и если жидкость прокипятить, причем энзим этот будет убит, то этот процесс прекращается.

Процесс спиртового брожения еще и до сих пор недостаточно изучен, и для улучшения его имеются еще впереди широкие возможности:

Эйлер нашел, что в дрожжевом экстракте, получаемом при автолизе дрожжей, содержатся особые биокатализаторы, которые действуют и на зимазу, и на живые дрожжи, ускоряя брожение почти на 600%, причем они малочувствительны как к нагреванию, так и к действию щелочей и кислот. Затем замечено, что размножение дрожжей, когда клеточка стоит одиноко, происходит гораздо медленнее, чем когда клетки находятся в большой группе. Это объясняют тем, что дрожжи сами излучают «лучи роста», которые, попадая на соседние дрожжевые клетки, повышают их способность к размножению почти на 100% и отчасти также повышают их бродящую энергию.

ВОПРОСЫ

1. Кто и когда впервые получил спирт? Какое открытие сделал Антон Левенгук? Каким путем пришел Нидгем к теории самозарождения микроорганизмов? В чем состояли опыты Спалангани, Шюльце, Шредера и Душа? Какие мотивы выставил Пастер против теории самозарождения? Что показали опыты Бухнера? Почему Ганзен считается крупным новатором в области технической микробиологии?

Кто дал методы получения чистых культур из бактерий?

2. Какую роль играют, по Лебедеву, при спиртовом брожении сахара глюкозы: диоксиацетон, пировиноградная кислота и уксусный альдегид? В чем заключается процесс спиртового брожения по Нейбергу? Как идет брожение в кислой среде? Как идет брожение в присутствии сернистокислого натрия в щелочной среде? Какое влияние имеют на спиртовое брожение соли фосфорной кислоты?

ГЛАВА VIII

Микроорганизмы, вызывающие брожение сахара

В главе III о продуктах брожения (ч. 1, стр. 68) уже было указано, что спиртовое брожение, т. е. разложение сахара при содействии дрожжей, должно протекать по следующему химическому уравнению Гей-Люссака:



т. е. из одной молекулы глюкозы или другого моносахара должны образоваться две частицы винного спирта и две частицы углекислого газа, причем из 100 вес. ч. сахара должно получиться 51,14 вес. ч. спирта.

На практике на спиртовых заводах выход спирта меньше. Очень много зависит от качества дрожжей. Имеются дрожжи, которые сбрасывают сахар так, что образуется очень мало спирта и много углекислого газа. Впрочем и очень хорошие дрожжи могут дать плохие результаты брожения, малый выход спирта, если они будут поставлены в неблагоприятные условия. Некоторые микроорганизмы вызывают брожение—разложение сахара, но образуют, в результате брожения, не спирт, а какую-нибудь органическую кислоту: молочную, масляную; кроме того при этом иногда получаются: водород, углекислый газ и пр.

Очевидно, чтобы иметь возможность руководить процессом брожения на спиртовом заводе, необходимо прежде всего изучить условия размножения и всей жизнедеятельности дрожжей и других микроорганизмов, вызывающих брожение сахара и наиболее часто встречаемых на спиртовых заводах.

К этим микроорганизмам принадлежат: 1) дрожжи; 2) молочнокислые бактерии; 3) маслянокислые бактерии; 4) уксуснокислые бактерии; 5) бактерии бутилового брожения; 6) гнилостные бактерии; 7) плесени.

Постараемся изучить каждый из этих микроорганизмов в отдельности.

I. ДРОЖЖИ

а) Способы размножения дрожжей. Вид дрожжей под микроскопом в различных стадиях их роста

Дрожжи представляют собой растительный организм, состоящий из одной клеточки. Они не содержат хлорофила и не могут, как зеленые растения, создавать сахар и крахмал из углекислоты воздуха, а живут и размножаются в готовых сахарных растворах. Их поэтому относят к классу

грибов (мицеты) и ввиду того, что они образивают (разлагают) сахар, их причисляют к семейству сахаромикетов (сахарный грибок).

Дрожжевая клеточка имеет весьма малую величину. Размеры ее измеряются микронами, каждый из которых равен 0,001 мм и обозначается греческой буквой μ (ми). Самые маленькие дрожжевые клетки «эксигунс» имеют в длину 4 μ , в ширину 2 μ , тогда как применяемые на спиртовых заводах дрожжи расы XII достигают длины 10 μ . Бактерии, которые большей частью имеют размеры меньшие, чем дрожжи, и самые дрожжи относят к микроорганизмам, т. е. к организмам, которые мы можем наблюдать и изучать только под увеличением в несколько сот или даже несколько тысяч раз (под микроскопом). Обычно в лабораторной практике рассматривают дрожжи при увеличении в 700 — 800 раз.

Дрожжевая клеточка состоит из оболочки и внутреннего содержимого — протоплазмы, имеющей мелкозернистое строение, главная часть которой представляет белок. Внутри клеточки мы часто наблюдаем большое светлое пятно, так называемую «вакуоль»¹, которая представляет собой скопление клеточного сока. Чем хуже питаются дрожжи и чем старше клеточка, тем больше размеры вакуоли; у пленчатых дрожжей, т. е. у дрожжей, имеющих свойство образовать над бродящей жидкостью толстую белую пленку, часто видимы в одной клеточке 3—4 вакуоли.

Дрожжи размножаются двумя способами: 1) почкованием и 2) спорообразованием.

Почкование (рис. 79а) состоит в том, что в каком-нибудь месте клеточки образуется выступ или «почка», которая быстро растет, увеличиваясь в объеме. Затем в течение 20 — 30 мин. образовавшаяся из почки дочерняя клеточка достигает величины первоначальной материнской, отделяется от нее и начинает тотчас же, в свою очередь, почковаться. Размножение дрожжей способом почкования, какое обычно наблюдают в бродящих заторах спиртовых заводов, совершается в дрожжах, когда они находятся в благоприятных для их жизнедеятельности условиях, когда они живут в сладком заторе, богатом всеми необходимыми для их жизнедеятельности питательными веществами.



Рис. 79а. Размножение дрожжей почкованием.

а — дрожжик почкующийся; б — старые дрожжи; в — отмершие дрожжи; д — споры разложившихся дрожжи.

Размножение спорообразованием совершается в дрожжах в тех случаях, когда они находятся в неблагоприятных условиях питания, когда они голодают. При этом внутри клеточки образуются две-три споры, в виде шариков, называемые аскоспоры, так как при этом получается мешочек со спорами (аскус — сумка). Споры более устойчивы, более выносливы, чем обыкновенная дрожжевая клеточка. Так, обыкновенная дрожжевая клеточка из бродящего затора умирает уже при 50° Ц, споры же ее

¹ Вакуоль — пустота

только при 62° Ц. Споры выносят замораживание и оттаивание, дрожжки от этого легко погибают; когда спора попадает в благоприятные условия, в сладкий затор, она в нем размножается посредством почкования.

На рис. 80 изображено размножение посредством спорообразования. Из этого рисунка видно, что сначала образуются внутри клеточки две, три или четыре стенки-перегородки, делящие клеточку на несколько частей; внутри каждой части образуется спора; затем стенки лопаются, споры совершенно отделяются от первоначальной клеточки и начинают жить самостоятельно.

В заводской практике, в бродящих заторах, спорообразование дрожжей не наблюдается; оно имеет интерес, главным образом, как метод, введенный Ганзеном, для отличия одних дрожжей от других.

На рис. 81 изображены, по Геннебергу видимые под микроскопом, с увеличением в 1000 раз, формы дрожжей расы XII, применяемых на спиртовых заводах.



Рис. 80. Спорообразование дрожжей.

В а показаны покоящиеся дрожжки, когда они лежат в пачке; в б показаны дрожжки в бродящем сусле; клеточки сильно почкуются; они соединены по 4, по 5 шт., причем замечаются молодые, вновь образовавшиеся клетки в разных стадиях их роста. В жидком, подвижном заторе колонии дрожжей немногочисленны, потому что вновь образовавшиеся клетки легко отделяются от старых при содействии углекислоты, вызывающей постоянное движение в жидкости. Когда же дрожжки размножаются в неподвижной висячей капельке, то они образуют большие колонии в 25 — 35 шт., как показано в с. Когда дрожжки размножаются на поверхности полутвердого желатинного сусла, то они в течение 1½—2 месяцев образуют из небольшого количества первоначальных клеточек так называемую «гигантскую колонию», имеющую приблизительно 2 см в диаметре и содержащую несколько миллионов клеточек. Такая колония показана в натуральную величину в d рисунка 81, а также и на рис. 82.

Некоторые дрожжки, например дрожжки торула, вовсе не образуют при почковании в жидкой среде колоний; образовавшаяся новая клетка сейчас же у них отделяется от первоначальной материнской клетки.

При внимательном наблюдении под микроскопом можно легко различить дрожжки молодые, зрелые, дряхлые, мертвые.

Молодые, незрелые дрожжки отличаются тем, что их оболочка очень тонкая, протоплазма мелкозернистая, вакуоля маленькая, большей частью при клеточке имеется почка.

Зрелые дрожжки почкуются редко, вакуоли большей величины, протоплазма зернистая.

Если дрожжки находятся в хороших условиях, то они откладывают в запас внутри клетки гликоген, так что наличие в клеточке гликогена служит показателем упитанности дрожжей, стойкости их. Если под покровное стеклышко, под которым находится капля дрожжей, положить

каплю воды, то дрожжевая клеточка окрашивается в желтый цвет, а капельки гликогена — в красно-бурый. Это и служит методом для обнаруживания гликогена.

Выше на рис. 79а приведены в *a, b, c, d, e* и *f* молодые дрожжи, в *g* показаны дрожжи старые, которые отличаются тем, что клетки стоят в одиночку, протоплазма крупнозернистая, оболочка толще и резче выделяется, вакуоли большие. На этом же рисунке в *h* и *i* показаны мертвые дрожжевые клетки, которые отличаются тем, что оболочка силь-

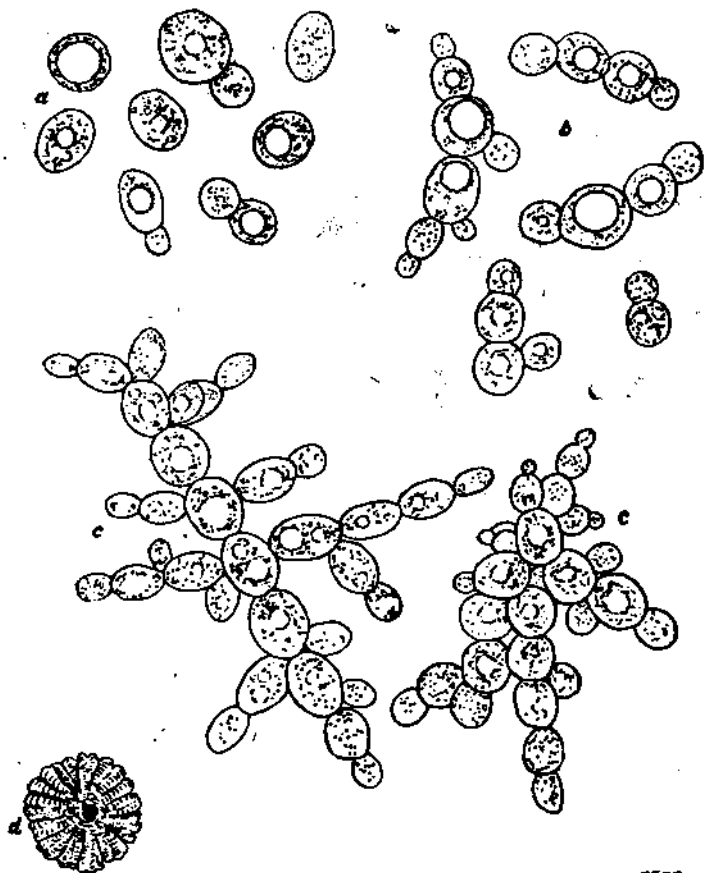


Рис. 81. Различные формы роста дрожжей расы XII по Геннебергу:

a — покоящиеся дрожжи; *b* — бродящие дрожжи; *c* — размножение дрожжей в висячих каплях; *d* — гигантская колония на желатине.

но утолщается и резко выделяется; внутреннее содержимое сжимается, приобретает неправильную форму и распадается на отдельные части. Мертвые дрожжевые клетки легко отличить от живых помощью метиленаовой сини; если пустить каплю последней под покровное стеклышко

то живые дрожжи не воспринимают краски и остаются бесцветными, а мертвые клетки окрашиваются от синьки в голубой цвет.

Под действием протеолитических энзимов внутри дрожжевой клетки часто происходит самопереваривание дрожжевой клетки или автолиз дрожжей, как это видно на рис. 79а в к. При этом сухие прессованные дрожжи превращаются в жидкую массу, которую называют автолизатом.

Таким образом дрожжевая клетка питается, растет, размножается, стареет, дряхлеет и умирает, т. е. она представляет живой растительный организм.

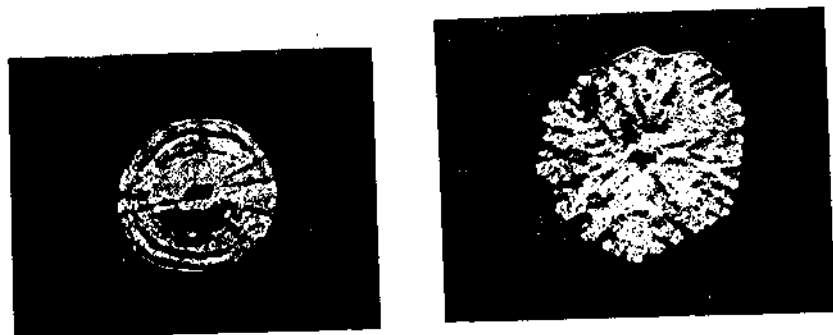


Рис. 82. Гигантские колонии дрожжей: слева—раса II; справа—раса XII.

б) Классификация дрожжей

1. Дрожжи дикие и культурные

Культурными дрожжами называют такие дрожжи, которые уже много десятков лет культивируют на спиртовых, пивоваренных, дрожжевых и других заводах, которые акклиматизировались в этом производстве.

Дикими дрожжами называют дрожжи, которые встречаются в природе на фруктах, ягодах, винограде и которые на заводах бродильной промышленности не культивируются.

На рис. 83, который заимствован у Геннеберга, изображены виды диких дрожжей, попадающие с воздухом и зеленым солодом на заводы и заражающие заторы: на месте а показаны дрожжи *торула*; они шарообразной формы, весьма малого диаметра. Дрожжи эти, как любители воздуха, особенно часто заражают прессованные дрожжи там, где брожение заторов ведется с постоянным продуванием воздуха. На месте б показаны дрожжи *эксигуис*, клетка которых вдвое меньше обыкновенных дрожжей спиртовых заводов; форма клеток более овальная, чем у спиртовых дрожжей.

Эти дрожжи мальтозу не сбраживают, так как не имеют энзима, разлагающего мальтозу.

На месте с показаны пленчатые дрожжи, о которых уже выше было указано, что они образуют на поверхности жидкости толстую белую пленку; они имеют удлиненную форму и довольно большую или две меньших вакуоли. Зернистого строения у них не видно. Дрожжи эти сбраживают

сахар, но спирта не дают; они вредны для дрожжевых заводов, но для спиртовых заводов безопасны, так как очень чувствительны к кислоте и в кислых заторах не размножаются.

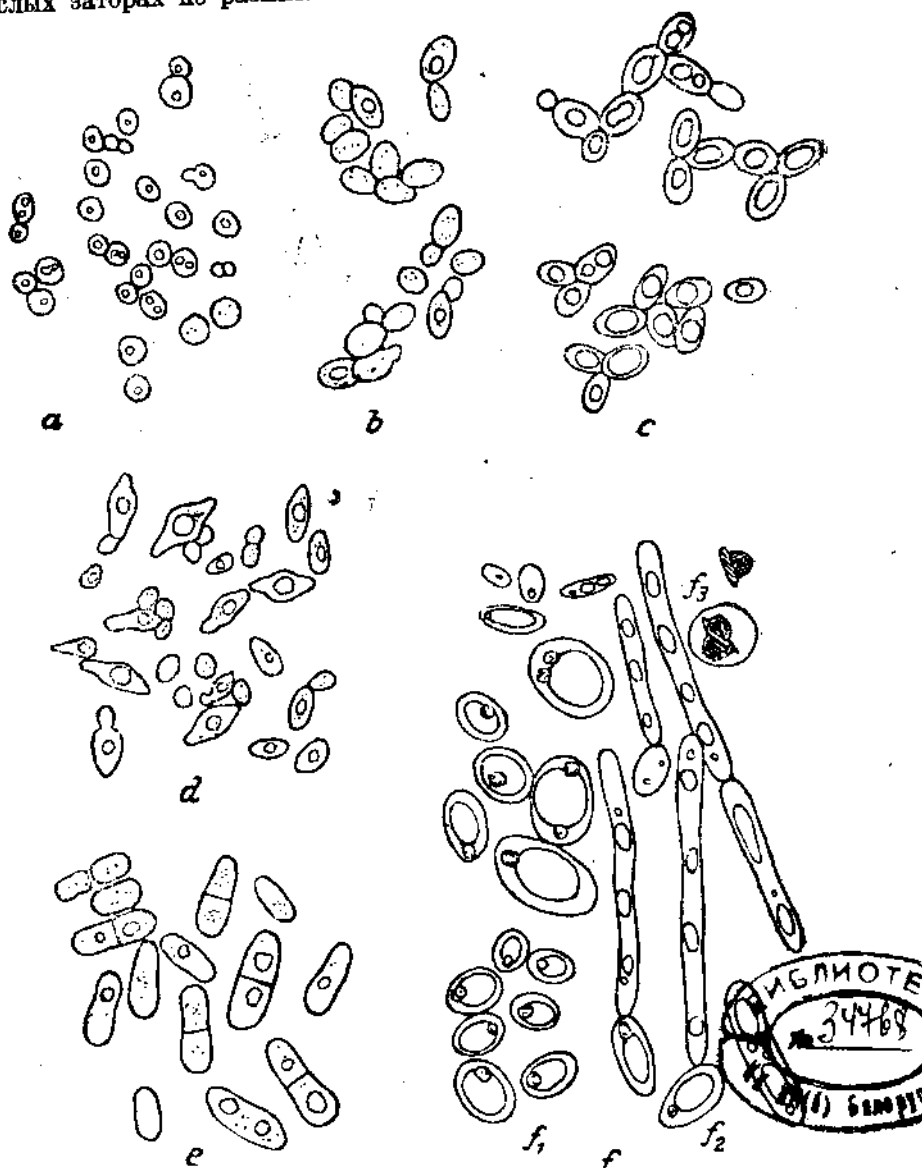


Рис. 83. Вид под микроскопом некоторых диких дрожжей по Геннебергу:

а—дрожжи торуна; б—дрожжи эвектуе; в—плечатые дрожжи; д—дрожжи акикулатус; е—дрожжи помбе; ф—дрожжи ненормальные с шляпообразными спорами.

В месте *d* показаны дрожжи *амилулатус*, отличающиеся тем, что имеют заостренную лимонобразную форму. Дрожжи эти мальтозы не сбраживают, а только глюкозу и фруктозу и не выносят более 5% спирта и потому для спиртовых заводов не опасны.

На месте *e* показаны дрожжи *помбе*, выделенные из африканского пива, которые отличаются тем, что имеют удлинённую клеточку и размножаются не почкованием, а делением, или дроблением, как бактерии. Это размножение состоит в том, что по середине клеточки образуется перегородка, которая утолщается и затем в этом месте клеточка разделяется на 2 части и каждая начинает жить отдельно. Дрожжи *помбе* интересны тем, что они сбраживают не только мальтозу, но и акродекстрин, но брожение идет медленно, при высокой температуре, при которой одновременно происходит большое закисание затора, и потому результат брожения неблагоприятный.

На месте *f* показаны дрожжи *аномалус* (ненормальные), которые отличаются тем, что образуют споры не в виде шарика, а шляпообразной формы; клетки содержат большую вакуоль, а если они удлиненной формы, то часто имеют до четырех вакуолей. При брожении эти дрожжи часто выделяют фруктовые эфиры.

Каждую из вышеперечисленных групп дрожжей, диких и культурных, делят еще на подгруппы—расы дрожжей, которые также имеют свои особые свойства и качества, которые они передают наследственно. Об особенностях некоторых рас дрожжей будет сказано ниже.

§ 2. Дрожжи верхнебродящие и нижнебродящие

Верхнебродящие дрожжи. При брожении заторов с этими дрожжами часто образуется на поверхности жидкости пена, содержащая массу дрожжевых клеток, которые вместе с тем распределены по всей толще жидкости и плохо осаждаются на дно бродильного чана. В виду такого равномерного распределения дрожжей по всей массе затора брожение протекает быстро.

Дрожжи спиртовых заводов, а также хлебопекарные дрожжи принадлежат к верхнебродящим дрожжам.

Нижнебродящие дрожжи, которые применяются, главным образом, на пивоваренных заводах, отличаются тем, что в пене их почти не имеется, дрожжевых клеток или их очень мало. Дрожжи эти быстро оседают на дно, благодаря чему бродящий затор быстро осветляется; но дображивание затора при таком распределении дрожжей в чану происходит медленно.

3. Дрожжи для сбраживания и дрожжи для размножения

Каждое производство предъявляет к дрожжам свои особенные требования.

Дрожжевой завод требует, чтобы дрожжи сильно и быстро размножались, чтобы они обладали большой подъемной силой, т. е. чтобы в единицу времени выделяли наибольшее количество углекислого газа.

Спиртовый завод требует, чтобы его дрожжи быстро и энергично сбраживали сахарозу, мальтозу и могли бы вынести довольно большой процент спирта (11—12%). Для этой цели дрожжи спиртового завода долж-

ны иметь не только большое количество энзима зимазы, но также и углеводные энзимы для разложения сложных сахаров на простейшие, а именно: мальтазу, инвертазу и мелибиазу.

4. Дрожжи хлопьевидные и пылевидные

Дрожжи бывают двух типов: хлопьевидные и пылевидные.

Хлопьевидные дрожжи образуют хлопья или комья, состоящие из множества как бы склеенных между собой клеток, быстро оседающие на дно; они содержат много зимазы и богаты азотом.

Пылевидные дрожжи не склеены друг с другом, а распределены в виде мути (пыли) по всей жидкости; они беднее азотом и способны вызывать пенистое брожение.

Верхневые спиртовые дрожжи принадлежат к пылевидным дрожжам, а низовые пивные дрожжи принадлежат к хлопьевидным. Но не только раса, но и способы культивирования также оказывают влияние на образование тех или других свойств дрожжей. Если задать для посева, или как говорят, в качестве дрожжевой матки маленькое количество дрожжей, поддерживать при брожении высокую температуру, вести брожение с продуванием воздуха или с перемешиванием, то получим дрожжи пылевидные, и, наоборот, задача большой дрожжевой матки, брожение при низкой температуре, без помешивания и без продувания воздуха ведет к образованию хлопьевидных дрожжей.

Хлопьевидные дрожжи желательны к применению на пивоваренных и дрожжевых заводах, так как эти дрожжи быстро оседают на дно; пылевидные же дрожжи желательны на спиртовых заводах, так как они, распространяясь по всему бродящему суслу, способствуют более быстрому его сбраживанию.

После изучения форм и способов размножения дрожжей, классификации их и различия их типов следует рассмотреть условия жизнедеятельности дрожжей.

в) Условия жизнедеятельности дрожжей

Прежде всего необходимо выяснить, чем следует питать дрожжи, чтобы они получились крепкими, энергичными, могущими не только быстро с наименьшими потерями сбродить сахар в заторе, но также вести энергично борьбу с вредными посторонними микроорганизмами, попадающими в бродильный чан из воздуха и вместе с солодом. Очевидно, что каждый организм питается теми веществами, элементы которых входят в состав этого организма и которые необходимы для его жизнедеятельности и для создания нового поколения. Поэтому следует познакомиться с составом дрожжей.

1. Химический состав дрожжей

Обыкновенные прессованные дрожжи содержат 25% сухого вещества и 75% воды. Сухое вещество дрожжей состоит из следующих веществ (в %):

	В среднем	Колебания
Безазотистые экстрактивные вещества и клетчатка	32	24—40
Жиры	4	—
Белковые вещества	55	30—75
Зола	9	—

Из этого видно, во-первых, что белковые вещества составляют половину всех сухих веществ дрожжей, а потому дрожжи особенно ценны, как корм, и, во-вторых, что для питания и размножения дрожжей необходимо иметь в заторе достаточный запас растворимых, хорошо диффундирующих азотистых веществ.

По исследованию Штутцера азотистые вещества дрожжей имеют следующий состав:

Аминокислоты и пептоны	10%
Белки	64%
Ануклеины (белки + фосфорная кислота)	26%

В состав зоты дрожжей входят:

фосфорная кислота	50%
окись калия (K_2O)	30%
магнезия	6%

2. Питательные вещества для дрожжей

Сахар является одним из главных питательных веществ для дрожжей; из него они строят клеточки новых поколений, черпают энергию для своей жизнедеятельности и откладывают в запас гликоген, когда в заторе сахара вдоволь. Для этой своей жизнедеятельности дрожжи расходуют только часть сахара, а остальной сахар в бродильных чанах спиртовых заводов сбраживается ими, т. е. разлагается на спирт и углекислый газ.

В качестве азотистопитательных веществ для дрожжей могут служить, как уже указано, только вещества, хорошо растворимые и легко диффундирующие через мельчайшие отверстия пор наружной оболочки дрожжевой клетки. В качестве таковых считают:

- пептоны, аминокислоты и амиды;** к последним принадлежит аспарагин, имеющийся в картофеле и зеленом солоде;
- автолизат дрожжей,** получаемый при самопереваривании дрожжей, принадлежит к очень хорошим средствам для азотистого питания дрожжей; несколько ниже по качеству следует считать отвар дрожжей или дрожжевой бульон;
- аммиачные соли,** например сернокислый аммоний, служат также хорошим добавочным средством для азотистого питания дрожжей.

На спиртовых заводах картофельные заторы содержат значительное количество пептонов и амидов и представляют хороший питательный материал для дрожжей. Однако на практике при приготовлении дрожжей из отъемного картофельного затора прибавляют к последнему небольшое количество зеленого солода для увеличения количества растворимых азотистопитательных веществ. Хлебные заторы, и в особенности кукурузные, беднее азотистопитательными растворимыми веществами, и потому для хорошего сбраживания необходимо задавать в них значительно больше зеленого солода.

Точно так же при приготовлении заторов из кормовой патоки и из других материалов необходимо всегда обращать внимание на то, чтобы дрожжи были в достаточной мере обеспечены растворимыми азотистопитательными веществами.

Что касается минерального питания дрожжей, то, как видно из состава дрожжей, им необходимо давать в достаточном количестве фосфорные,

калийные, магниевые и железные соли; кальциевые соли имеются в недостаточном количестве в колодезной воде. Хлебно-картофельные заторы богаты этими солями; заторы же из кормовой свеклосахарной патоки, а также и некоторых других сырых материалов нуждаются в добавлении фосфорных и магниевых солей, и это необходимо иметь в виду при ведении производства из этих материалов.

Если дрожжи находятся в воде, в которой нет питательных веществ, и они голодают, то они отчасти питаются за счет слабых дрожжевых клеток, а затем наступит процесс автолиза.

3. Влияние различных факторов на жизнедеятельность дрожжей

В жизнедеятельности дрожжей различают две функции (способности): размножение дрожжей и сбраживание сахара. При дальнейшем изучении влияния различных факторов на жизнедеятельность дрожжей следует отмечать влияние их на ту и другую способность дрожжей.

Для более полного изучения условий жизнедеятельности дрожжей, для возможности управления процессом брожения на спиртовом заводе необходимо еще рассмотреть влияние на их жизнедеятельность следующих факторов: а) температуры; б) продувания воздуха; в) механического размешивания; г) процентного содержания спирта и углекислого газа; д) содержания в заторе различных кислот, щелочей и ядов; е) концентрации водородных ионов pH.

4. Влияние температуры

Для процесса размножения дрожжей, употребляемых на спиртовых заводах, наиболее благоприятная температура—33° Ц. Однако для успешного размножения дрожжей в заводских заторах выбирают более низкую температуру, а именно, в 17—20° Ц, потому что опыт показал, что дрожжи, полученные при более низкой температуре, обладают большей энергией сбраживания, чем размножившиеся при высокой температуре.

Что касается самого процесса брожения, то предельными температурами, при которых возможен процесс брожения, являются 0 и 50° Ц; для хлебно-картофельных заторов наиболее желательной температурой считают 27—28° Ц, в пачочных заторах 30—31° Ц. По Геннебергу, смертельной температурой для дрожжей следует считать 58—68° Ц. Осторожно высушенные дрожжи хорошо выносят температуру от —100 до +100° Ц, не теряя своей сбраживающей силы, и хорошо сохраняются в таком виде в течение 3—5 лет. Дрожжи замерзшие, если дать им медленно оттаять в холодном помещении, также не теряют своей сбраживающей силы.

Процесс брожения сахара всегда сопровождается выделением тепла. Опыт показал, что в заторе в 20° Бал при нормальной складке и сбраживании, без расхоложивания температура может подняться на 17,5° Ц.

Влияние продувания воздуха. Продувание воздуха содействует процессу размножения дрожжей. Действие его двояко; с одной стороны, имеет благоприятное влияние кислород воздуха, с другой стороны, такое же влияние имеет механическое движение частиц затора, вызываемое процессом продувания.

Дрожжевые заводы поэтому ведут усиленное продувание заторов, чтобы вызвать сильное размножение дрожжей. Брожение затора из кормовой патоки, в котором дрожжи плохо размножаются, также ведут с продуванием воздуха. Однако избыток продувания бродящих заторов на спиртовых заводах вреден, так как при этом выдувается часть образовавшегося спирта, а часть его окисляется, образуя ацетальдегид.

Влияние механического размешивания. Дрожжевые клеточки не обладают способностью самопроизвольного передвижения. Между тем для энергичной жизнедеятельности им необходимы новые источники питания и удаление своих выделений. Передвижение дрожжевой клетки происходит в бродящем заторе спиртового завода при содействии шелухи, кожуры, имеющихся в заторе, на которые дрожжи садятся и передвигаются вместе с ними благодаря выделению пузырьков углекислого газа. Последнее идет так энергично, что вызывает движение всей бродящей массы. Для этой цели важно и необходимо, чтобы бродящий затор был достаточно подвижный. В заторах, не имеющих твердых частей, например паточных, полезно для достижения более энергичного сбраживания задавать отруби или другие твердые примеси, которые способствовали бы передвижению дрожжей, или же продувать воздух или вызывать передвижение частиц затора посредством механической мешалки.

Прибегая к этому, необходимо помнить, что механическое размешивание и продувание воздуха ведут к испарению спирта из бражки, и этот процесс надо вести осторожно, в особенности, если бродильный чан открытый и не имеет ловушки для промывания углекислого газа и улавливания спирта.

Влияние процентного содержания спирта и углекислого газа. Спирт является сильным ядом для многих микроорганизмов, и потому чтобы иметь чистые дрожжи, мало зараженные вредными для брожения микроорганизмами, спиртовые заводы стараются готовить дрожжи высокой концентрации, так как чем больше в заторе содержание сахара (20° — 21° Бал), тем выше процент спирта, который нужен в качестве антисептика. Самые энергичные дрожжи, применяемые на спиртовых заводах, выносят только 15—16% спирта; при содержании в бродящем заторе 45% объем спирта приостанавливается дальнейшее размножение дрожжей. Некоторые винные дрожжи, например дрожжи токайского вина, могут образовывать при медленном брожении до 22% спирта.

Что касается действия углекислоты на дрожжи, то, по исследованиям В и н д и ш а, углекислота, собирающаяся в герметически закрытых бродильных чанах, образуя в них даже давление до 2—3 атм, не оказывает вредного влияния на дрожжи, и последние даже превосходят по бродильной способности дрожжи, выросшие в открытых чанах.

Влияние активаторов, или возбuditелей, и ядов. Некоторые вещества, прибавленные в весьма малых количествах к бродящему затору, увеличивают энергию брожения, действуя возбуждающим образом на дрожжи. Если же увеличить количество задаваемых веществ, то они действуют на дрожжи, как яд, совсем приостанавливая процесс брожения, а при больших количествах даже убивая дрожжи.

Так, по опытам Г а й д у к а и Ю с л и н а, прибавка к бродящему затору масляной кислоты в количестве 0,01% (объем) повысила выход

спирта от 6,01 до 6,21%; прибавка той же кислоты в количестве 0,05% повысила выход спирта до 6,42%, а прибавка масляной кислоты в количестве 0,1% понизила выход спирта на 0,66%. Такое же то возбуждающее, то ядовитое действие на дрожжи, в зависимости от дозы прибавления оказывают: сулема, бром, иод, мышьяковистая кислота, салициловая кислота и муравьиная кислота.

Молочная кислота при прибавлении 1% объем. (соответствует 2,6° Дельбрюка¹⁾) действует на дрожжи возбуждающе и только в количестве 2% объем. (соответствует 5,2° Дельбрюка) действует тормозящим образом на брожение.

По исследованиям Геннеберга влияние различных ядов на процесс брожения дрожжей следующее (табл. 9):

Таблица 9

Действие разных ядов на дрожжи

Название яда	Количество весовых процентов ядовитого вещества	
	Заданных в затор, окончательно приостанавливающих брожение	Заданных в воду, вызывающих умерщвление дрожжей
1. Плавиковая кислота.	0,017	0,23 } в 26 мин. (стар. дрожжи) 0,040 } за 2 часа (молодые)
2. Формалин	0,1	0,15 за 37 минут
3. Едкий натр	0,12	0,25 за 36 минут
4. Соляная кислота] . .	0,14	0,72 еще не умерщвлены за 2½ часа
5. Муравьиная кислота.	0,17	0,34 за 46 минут
6. Серная кислота . . .	0,72 (2,9 по Дельбрюку)	при 1,3 еще не умерщвлены за 2 часа
7. Масляная кислота . .	0,9	3—за 52 мин.; 4—за 17 мин.
8. Молочная кислота . .	выше 0,3	3—за 1½ часа еще не умерщвлены
9. Фосфорная кислота . .	выше 0,3	3—за 1½ часа еще не умерщвлены
10. Спирт этиловый (объем %)	12	25—за 39 минут

Сернистая кислота также весьма ядовита для дрожжей. Дрожжи совершенно умерщвляются при содержании ее в одном литре затора:

1,35	г сернистой кислоты за ½ часа (1:800)
0,27	» » » за 1 час (1:4000)
0,108	» » » за 24 часа (1:10000)

Но бактерии и плесени погибают при наличии в заторе сернистой кислоты 1 : 36 000; поэтому сернистая кислота, точно так же, как вышеперечисленные яды (за исключением едкого натра), могут служить в определенных дозах хорошими антисептиками при спиртовом брожении, так как они подавляют посторонние микроорганизмы, не вредя жизнедеятельности дрожжей.

¹ Кислотность считают равной 1° по Дельбрюку, если при титровании раствором нормального едкого натра по лакмусовой бумаге расходуется на 20 см³ фильтровального затора 1 см³ нормального едкого натра.

Еще большего успеха можно достигнуть, применяя в заторах антисептики для подавления посторонних вредных для брожения микроорганизмов и для получения чистого брожения, если дрожжи культивировать приучать к яду, прибавляя его сначала немного, а затем все увеличивая дозы. Это проделал впервые Э ф р о н, приучивший дрожжи к брожению в заторах в присутствии значительного количества фтористоводородной кислоты.

5. Влияние концентрации водородных ионов (pH¹)

В а н-Л е р, исследуя как действует изменение концентрации водородных ионов в броющем заторе на дрожжи и на бактерии, приходит к тому выводу, что повышенная концентрация водородных ионов меньше вредит дрожжам, но задерживает, а иногда даже совсем подавляет размножение бактерий, как это видно из табл. 10.

Таблица 10

Влияние pH на размножение дрожжей и бактерий

pH затора	Количество дрожжевых клеток в единице объема	Количество бактерий в единице объема	% дрожжевых клеток по отношению к бактериям
3,8	5800	0	100
4,6	6000	160	97
5,4	6000	1600	78
6,0	3680	2100	53
6,8	3080	2640	40
8,0	1900	3200	38

Из таблицы видно, что при pH, равном 8,0, т. е. когда затор слегка щелочной, дрожжи размножаются плохо, а бактерии размножаются более энергично и число их в единице объема в 1½ раза больше числа дрожжей. Когда значение pH возросло до 6,0, взяли перевес дрожжи, которые сильно размножились, и число их в единице объема стало в 1,8 раза больше числа бактерий. Когда же активная кислотность затора сильно выросла и pH стало равно 3,8, то бактерии совсем были подавлены, и число их упало до 0.

Вопрос относительно величины pH в броющих хлебно-картофельных заторах еще недостаточно изучен. По данным Д е н и к е и К и л ь ц а, изучавших этот вопрос, активная кислотность за 68 час. брожения изменяется весьма мало, оставаясь почти на одном уровне, какой установился после первых 16 час. брожения; pH в кукурузных заторах несколько меньше, чем в картофельных. Более подробно о концентрации водородных ионов см. табл. 12:

Влияние концентрации затора. Наиболее благоприятной концентрацией затора для процесса брожения следует считать 12°—15° Бал; обычно готовят на заводах заторы в 19—20° Бал, хотя дрожжи могут сбраживать за трое суток заторы в 25° Бал. Заторы выше 19—20° Бал большей частью бывают недостаточно подвижны и по тому хуже сбраживают; зато-

¹ См. часть I, ст 30—32.

ры ниже 19° Бал невыгодны, так как дают малый выход спирта с единицы объема бродильного чана.

Г а й д у к, исследуя вопрос о максимальной концентрации затора, нашел, что дрожжи могут сбраживать растворы сахара с концентрацией даже до 70° Бал, но чем выше концентрация, тем медленнее идет процесс брожения и тем меньше образуется спирта, как это видно из табл. 11.

Таблица 11

Влияние содержания сахара в растворе на количество полученного спирта

Содержание сахара в растворе в % вес.	Получено спирта в % объем.	Отношение веса взятых дрожжей к весу сахара
30	15,4	1 : 12
50	7,6	1 : 20
60	4,2	1 : 24
70	1,0	1 : 28

Из приведенных цифр видно, что хотя 50%-ный сахарный раствор может бродить, но спирта образуется вдвое меньше, чем в 30%-ном растворе, а 70%-ный сахарный раствор дает только 1% спирта.

г) Дрожжи чистой культуры

Различные свойства дрожжей спиртового, пивоваренного и дрожжевого производства. Расы дрожжей

До Ганзена предполагали, что врагами производства в процессе брожения являются исключительно бактерии и плесени. Ганзен первый показал, что ими могут быть и дрожжи. Он первый получил дрожжи чистой культуры, т. е. дрожжи, которые размножились из одной единственной клеточки в совершенно стерильной¹ среде. Изучая их, Ганзен нашел, что различные дрожжи имеют различные свойства, которые они сохраняют наследственно, и что каждое производство должно себе подобрать дрожжи, наиболее для него подходящие. Дрожжи пивоваренных заводов совсем не подходят ни для дрожжевых, ни для спиртовых заводов. От дрожжей дрожжевого завода требуют, чтобы они быстро и сильно размножились в заторах весьма слабой концентрации (1,5° Бал) и чтобы при их посредстве тесто сильно и быстро поднималось. От дрожжей пивоваренных заводов требуют, чтобы они медленно при низкой температуре (5—8° Ц) сбраживали невысокой концентрации (10—12° Бал) пивное сусло, чтобы они быстро оседали на дно и давали бы пиву приятный привкус и аромат. От дрожжей спиртовых заводов требуют, чтобы они быстро и сильно сбраживали весь сахар затора при благоприятной температуре (28—30° Ц), чтобы они хорошо бродили в заторах высокой концентрации (20—22° Бал), с довольно высоким процентным содержанием спирта (в 10—13%) и чтобы они стойко выдерживали борьбу с вредными микроорганизмами, попадающими в затор.

¹ Стерильной, т. е. бесплодной средой называется такая питательная жидкость, в которой убиты все микроорганизмы и их споры.

Среди дрожжей, применяемых в суслах и заторах заводов, встречаются дрожжи, которые вызывают порчу производства и наносят ему вред.

Берлинский институт бродильных производств, вдя по стопам Ганзена, который получил отличного качества дрожжи чистой культуры на Карлсбергском пивоваренном заводе, стал выделять из дрожжей спиртовых заводов дрожжи чистой культуры и испытывать их. Таким образом были выделены и испытаны более 15 рас дрожжей. Среди них особенно энергичными для производства спирта на хлебно-картофельных заводах оказались дрожжи расы II, расы XII и раса XV. Раса II—дрожжи очень энергичные, но склонные к пенистому брожению. Расы XII и XV дают хороший отброд и не вызывают пенистого брожения. Другие расы оказались слабыми и в меньшей степени пригодными для спиртовых заводов. Расы V и IX, имея способность к сильному и быстрому размножению, нашли применение на дрожжевых заводах. Геннеберг ввел еще расу M, которая представляет смесь нескольких рас дрожжей.

На паточных спиртовых заводах Украины пользуются дрожжами расы Я, а также расы S (Ситниковой), которые могут ображивать не только сахарозу, но и мелибозу.

Дрожжи, расы II, выделенные из заторов спиртовых заводов Л и н д е р о м, более 40 лет культивируются на заводах, как энергичные, стойкие и сильные дрожжи. На рис. 82 видны гигантские колонии дрожжей расы II и XII. Хотя эти дрожжи весьма близки между собой по качеству, но каждая образует своеобразного вида колонию. У расы XII масса колонии клочковатая и имеет радиальные борозды, а у расы II масса сплошная и расположена в виде концентрических кругов.

Получение дрожжей чистой культуры по Ганзену и по Лиаднеру

Для получения дрожжей чистой культуры нужно взять одну клеточку дрожжей, дать ей размножиться, образовать видимую невооруженным глазом колонию и затем размножить дрожжи из этой колонии. Для этой цели Г а н з е н предложил несколько капель бродящего затора разбавить стерильным прозрачным суслом, к которому прибавлено столько желатины, чтобы капля при комнатной температуре застыла и не расплывалась, чтобы в этой капле, при тщательном рассматривании ее под микроскопом, можно было найти только одну дрожжевую клеточку.

Л и н д е р усовершенствовал этот метод Г а н з е н а и предложил, для удобства рассматривания препарата под микроскопом, написать простерилизованным маленьким перышком на покровном стеклышке из этой самой разбавленной стерильным желатинным суслом жидкости 12—15 параллельных черточек (рис. 84) и искать под микроскопом среди них такую черточку, в которой была бы только одна дрожжевая клеточка; эту черточку отметить на наружной поверхности покровного стеклышка краской.

Покровное стеклышко приклеивают к предметному стеклу посредством вазелина над полрой камерой, как показано на рисунке, тогда дрожжи имеют возможность размножиться в присутствии воздуха в висячей капельке. Через несколько дней, когда эта единственная клеточка в висячей над полрой камерой капельке размножится до колонии, видимой

простым глазом, ее предварительно прокаленной платиновой проволокой снимают и переносят в колбу с простерилизованным суслом для дальнейшего размножения. Полученные дрожжи, размножившиеся из одной единственной клеточки, называют дрожжами чистой культуры.

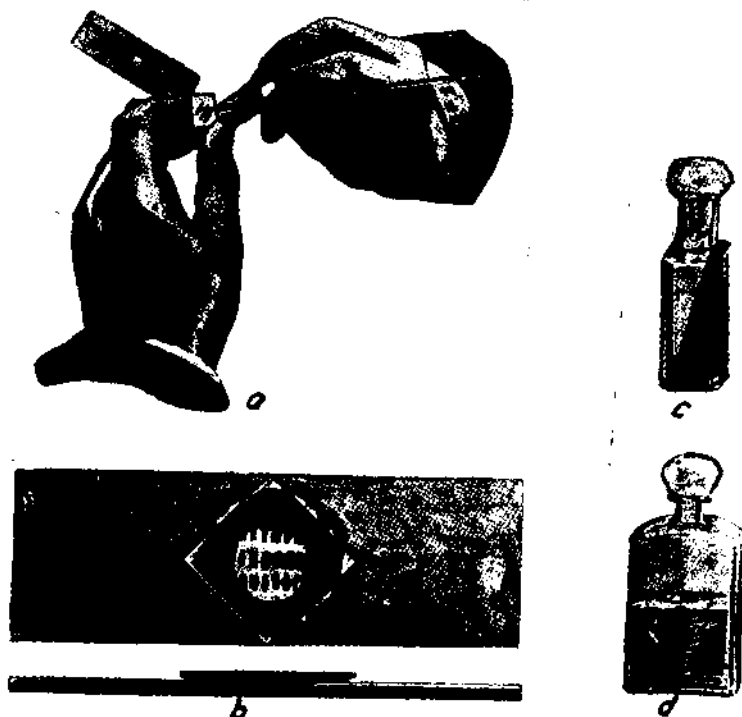


Рис. 84. Получение чистой культуры по Линднеру:

а—как пишут капельки на покровных стеклышках; б—вид новых висячих капелек; с—флакон с застывшей стерильной желатиной для дальнейшего размножения чистой культуры в капельке; д—вид колоний чистой культуры, полученной при уколе стерильной желатины платиновой проволокой.

Размножение дрожжей чистой культуры

Для получения дрожжей чистой культуры расы II или XII или другой необходимо колонию дрожжей, полученную в висячей капельке, размножить до количества, достаточного для ведения производства, причем это размножение вести так, чтобы дрожжи при этом не заразились, а оставались бы дрожжами чистой культуры. Для этой цели платиновую проволоку прокалывают на огне так, чтобы на ней не было каких-либо микроорганизмов, и когда она остынет, снимают ею колонию с висячей капельки и переносят через боковую трубку в колбу Пастера, изображенную на рис. 85, I. В ней находится около $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ л профильтрованного сладкого затора, который предварительно простерилизовали, подвергая его двукратно кипячению с промежутком в один день. В сладком

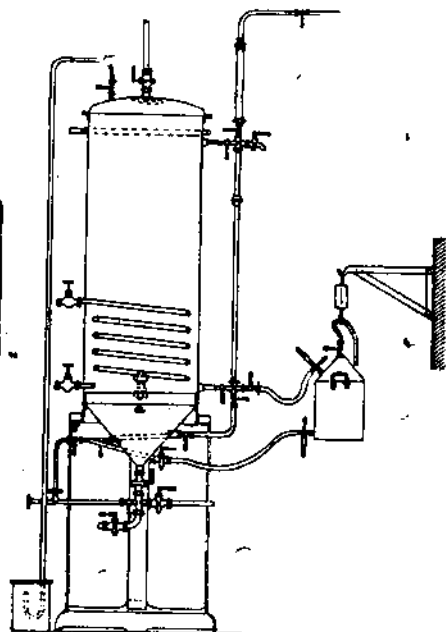
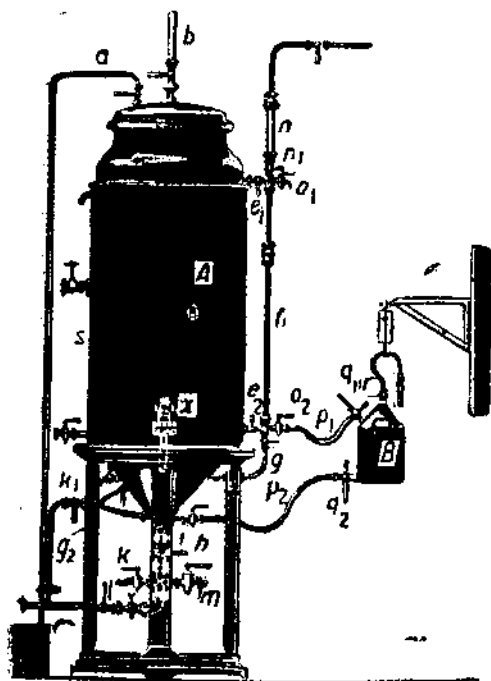
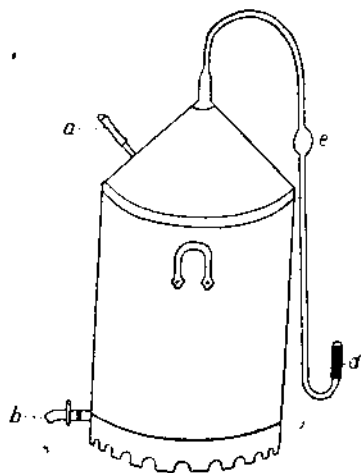
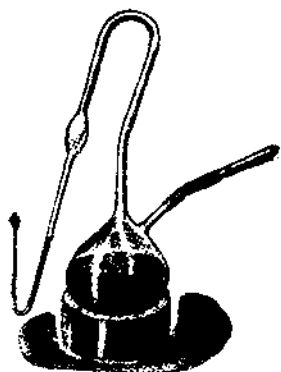


Рис. 85. Аппарат Линднера для получения чистых культур дрожжей постепенным размножением их:

1—колба Пастера; 2—карлсбергская колба; 3—наружный вид аппарата Линднера для размножения чистой культуры; 4—тот-же аппарат в разрезе.

стерилизованным питательным суслом колония дрожжей быстро размножаются. Чтобы в колбу эту не попали микроорганизмы из воздуха, боковая трубочка закрыта стеклянной палочкой, а верхняя трубка делается очень длинной, с 2 коленами и с расширением посередине, и слегка закрывается ватой. Эта длинная трубочка с коленами является для ничтожно малых микроорганизмов большим препятствием для прохода во внутрь колбы, как показал опыт, простерилизованное сусло может простоять в такой колбе 30—40 лет и больше, не заражаясь.

Когда дрожжи достаточно размножились в колбе Пастера и брожение в колбе совсем ослабело, этими дрожжами заражают простерилизованный затвор в так называемой карлсберговской колбе, изображенной на рис. 85в, 85г и которая отличается от колбы Пастера только тем, что она металлическая, имеет емкость в 10 л и на изогнутой трубке в *d* помещен ватный фильтр. Для дальнейшего размножения употребляют фильтрованное подкисленное сусло, приготовленное из сухого солода, причём дрожжи задают в объеме одной десятой по отношению к суслу. Размножение удобно производить в аппарате Л и н д н е р а, изображенном на рис. 85 в разрезе и наружном виде.

Аппарат имеет коническое дно для возможности быстрого и полного опорожнения, змеевик *d* для кипячения и расхолаживания сусла, трубу *a* для отвода углекислого газа, который проходит через гидравлический затвор, водоуказательную трубку *f* для указания уровня сусла в аппарате, трубку *n* с ватным фильтром для фильтрования продуваемого через сусло воздуха. После опорожнения аппарата самый аппарат и все спускные трубы и краны тщательно промывают водой через трубу *b* и затем в течение получаса пропаривают паром как чан, так и все трубы и краны, чтобы достигнуть их полной стерильности. Пар не должен проходить через ватный фильтр, который очищает воздух только в том случае, если фильтр сухой, и конечно пар не должен попасть в карлсберговскую колбу *B*, в которой находится дрожжи для размножения. Еще в то время, когда пар слабо выходит из крана *n'*, навинчивают фильтр *n* и начинают вдвигать воздух через фильтр, поддерживая в аппарате давление несколько выше атмосферного с той целью, чтобы при охлаждении ни в каком случае не допустить всасывания нефильтрованного воздуха через краны или свертки; воздух выходит через трубу *a*.

Когда аппарат остынет, спускают из него конденсационную воду, набирают сусло, пропускают пар, чтобы вскипятить сусло, и сейчас же по закрытии пара начинают продувать через сусло фильтрованный воздух, который вдвигается в течение одного часа. Такое вдвигание воздуха полезно для лучшего размножения дрожжей и производится также с целью ускорения расхолаживания сусла.

Для расхолаживания сусла пускают воду на холодильный змеевик, вдвигают воздух через краны *g*, *g*₁, *g*₂ и когда сусло охладится до 25° Ц, задают дрожжи из колбы *B*. В начале брожения продолжается продувание воздуха через сусло снизу для содействия размножению дрожжей.

Дрожжи, полученные в чане *A*, можно спустить в аналогичный аппарат Линднера, имеющий объем в 10 раз больший, и таким же образом получить большой объем дрожжей чистой культуры, достаточный для ведения производства.

Выше было указано, что многие дикие дрожжи или образуют при процессе брожения мало спирта или совсем не дают спирта, и чтобы сделать производство надежным и обеспечить постоянный хороший выход спирта, следует приготовить дрожжи чистой культуры определенных рас, превосходящее качество которых уже давно изучено.

Для этой цели заводы пользуются дрожжами чистой культуры расы: II или XII, или XV или Я, которые изготавливают лаборатории Киевского химико-технологического института и Московского Всесоюзного научно-исследовательского институт и рассылают в виде небольшой колонии, диаметром в 2—3 см, находящейся на поверхности стерильной желатины внутри пробирки, закрытой ватной пробкой. Неудобство этой формы рассылки дрожжей чистой культуры заключается в том, что дрожжи сохраняются в пробирке не более 2—3 месяцев, а главное очень трудно из такого маленького количества дрожжей приготовить большое количество дрожжей для завода, избегнув всякого заражения; для этого нужно быть чрезвычайно внимательным и искусным.

Более надежно изготавливая дрожжи чистой культуры на желатине не в пробирке, а в бутылке емкостью в 600—800 см³, на ее большой внутренней поверхности получают большое количество дрожжей чистой культуры. Залив бутылку стерильным суслом, имеют непосредственно в бутылке сразу около 400—500 см³ дрожжей чистой культуры.

Московская центральная лаборатория броидильной промышленности приступает к выработке сухеных дрожжей чистой культуры для рассылки заводам, но пока в небольших размерах.

Берлинский научно-исследовательский институт броидильных производств более 30 лет тому назад устроил завод для изготовления дрожжей чистой культуры для нужд пивоваренных и спиртовых заводов, причем рассылает их в закрытых стерильных жестянках, вместимостью 1, 2, 3 и 5 кг дрожжей чистой культуры. Материалом для изготовления дрожжей служит сухой солод, из которого делают затвор в 12—13° Бал и сусло профильтровывают через дробину, лежащую на сите, как это делается на пивоваренных заводах. Для пептонизации белков, для усиления азотистого питания дрожжей сваренное сусло подвергают в течение 13 час. процессу молочнокислого закисания, затем отваркой до 80° Ц убивают молочнокислые бактерии и стерилизуют сусло, охлаждают его и выкачивают в броидильный чан. Последний предварительно стерилизуют паром и заполняют только наполовину, потому что при продувании воздуха через сусло последнее сильно пенится; пена заполняет половину чана. Брождение ведется при температуре 27—28° Ц при постоянном продувании воздуха, который предварительно фильтруется через вату. Дрожжи сильно размножаются; из заданных 5 кг получают 100 кг дрожжей. При отброде в 2° Бал прекращают продувание воздуха; при отброде в 1° Бал брожение считается законченным и бражку с дрожжами пускают на сепаратор. Барабан последнего делает около 350 об/мин.; дрожжи вследствие центробежной силы отбрасываются к стенке барабана и легко отделяются от самого сусла. Из сепаратора дрожжи отступают в фильтрпресс, а из последнего—в стерильные жестяные

коробки, в которых их рассылают. Эти дрожжи тоже не могут долго сохраняться. При низкой температуре (в 2—3° Ц) они сохраняются около 2—3 недель.

Возможность брать для изготовления первоначальных дрожжей на спиртовом заводе сразу 1—3 кг дрожжей вместо колонии в 0,1—0,2 г сильно облегчает процесс приготовления дрожжей и делает его более надежным, и потому Главспирт обязан возможно скорее устроить в СССР

такой завод для снабжения наших спиртовых заводов дрожжами чистой культуры. При большой отдаленности наших спиртовых заводов от центра, когда пересылаемые дрожжи могут быть в пути до двух недель, кроме того желательно наладить снабжение заводов сушеными дрожжами чистой культуры, длительно сохраняющимися.

В настоящее время спиртовые заводы пользуются для получения дрожжевой матки дрожжами чистой культуры на желатине в пробирках; размножение этих дрожжей требует для успеха дела, чтобы получить действительно дрожжи чистой культуры, большого внимания и аккуратности.

Приводим здесь инструкцию по приготовлению дрожжевой матки, рассылаемую Всеукраинским Киевским и Всесоюзным Московским научно-исследовательскими институтами.

ИНСТРУКЦИЯ

для получения дрожжевой матки из чистых культур, присылаемых научно-исследовательскими институтами спиртовой промышленности (Московским и Киевским)

Дрожжи рассылаются в обыкновенных пробирках и бутылках с ватными пробками в виде культуры на косом слое желатины, приготовленной на обыкновенном хмелевом пивном сусле. В жаркое время года — и в местности с высокой температурой — культуры рассылаются либо на агаре, либо на желатине, но вместо ватной пробки употребляется резиновая.

Чтобы получить безусловно чистую, незараженную посторонними микроорганизмами дрожжевую культурную матку, необходимо приготовить строго стерильное сусло, на котором и будут размножаться дрожжи до получения количества дрожжей, равного заводской матке.

1) Заготовка сусла для стерилизации

В начале производства сусло готовят из зеленого или сухого сода концентратом около 10° Бал с естественной кислотностью (0,3—0,5° Дельбрюка), которое отфильтровывается (процеживается) через мешочек.

Во время производства, когда имеется готовое сусло, берут некоторое количество его, разводят пополам водой, отцеживают, фильтруют через фильтровальный чулок в бутылки или трехлитровые колбы; кислотность теста и в этом случае не должна быть выше 0,8—0,9° Дельбрюка.

Количество сусла зависит от того, из какого количества разводят культуру — из одной пробирки, трех пробирок или бутылки. При разведении из одной пробирки заготавливают бутылку в 0,6 л и вторую емкостью в 3 л. Заготовленное сусло нужно разлить в указанные сосуды в таком количестве, чтобы при брожении или вальтовании сосудов не могла быть смочена ватная пробка т. е. нужно наливать суслом до $\frac{1}{2}$ объема, но не больше.

Наливание сусла следует производить через воронку, с достаточно длинным концом, чтобы горлышко сосуда не могло быть смочено жидкостью.

Сосуды и воронки должны быть хорошо вымыты чистой водой и опрокинуты, чтобы вода хорошо стекала со стенок. К сосудам нужно заготовить плотно вставляющиеся ватные пробки. Когда разливка произведена и сосуды закрыты ватными пробками, немедленно приступают к стерилизации.

2) Стерилизация сусла

Стерилизация сред в лабораториях обыкновенно производится в аппаратах Коха. Их можно рекомендовать и лабораториям спиртовых заводов. При отсутствии в спиртовом заводе такого стерилизатора аналогичный прибор следует изготовить собственными средствами. Он представляет вертикальный цилиндр из луженой меди, разделенный внутри горизонтальной перегородкой с отверстиями на две части. Под перегородкой имеется котлообразное расширение для воды, которая подогревается снизу горелкой. На перегородке помещают колбы с суслом, которое желают стерилизовать. Стерилизатор греется на примусе и закрывается сверху крышкой с термометром. Время стерилизации нужно считать с того момента, когда термометр будет показывать не менее 95° Ц. Стерилизовать следует $1\frac{1}{2}$ часа, после чего, не вынимая сосудов, потушить примус. На другой день эту операцию следует повторить. Для продолжительного хранения необходимо еще раз простерилизовать через день. Вообще же хранить стерилизованное сусло в помещении спиртового завода дольше 1—1 $\frac{1}{2}$ месяца, без повторной стерилизации, не рекомендуется. При длительном хранении рекомендуется обвязать ватные пробки бумагой, чтобы случайно их не открыли.

При невозможности иметь аппарат Коха для стерилизации можно пользоваться упрощенной стерилизацией путем непосредственного нагревания стерилизуемого сусла на спиртовой, газовой, керосиновой или бензиновой горелке или даже на кухонной плите, но при этом и для безопасности (чтобы колба или бутылка в 3 л не лопнула) никогда не следует нагревать на голом огне, а нужно ставить склянку с суслом или на сковородку, заполненную песком (песчаная баня), или на металлическую сетку. Еще удобнее нагревание произвести паром. Для этого нужно поставить колбу в какой-нибудь сосуд (боченок, жестяной цилиндр), закрытый крышкой и имеющий отверстия для входа и выхода пара. Посуду со стерилизуемым суслом ставят в этот сосуд и пропускают пар до тех пор, пока термометр в струе выходящего пара не покажет 98—100° Ц, после этого нагревают еще $1\frac{1}{2}$ часа.

В качестве посуды, в которую наливают сусло для стерилизации, желательно брать колбы, но при отсутствии их можно заменять стеклянной посудой соответствующей емкости: обыкновенными водочными бутылками в 0,5 и 1 л или трехлитровой бутылкой.

3) Разводка присылаемой культуры

Заготавливается чистая воронка с длинным конпом, промытая 50%-ным спиртом, через которую производят переливание жидкой культуры в стерилизованное сусло, чтобы на замотать горлышка посуды со стерильным суслом.

Присланную культуру на скошенной желатине ставят в теплую воду (температура воды 32—37° Ц, но не выше) и когда содержимое пробирки или бутылки сделается жидким, осторожно его перебалтывают и оставляют при 30—32° Ц на 2—8 часа, пока дрожжи не забродят. Имея колбу со стерильным суслом комнатной температуры—18° Ц (ни в коем случае не выше 28° Ц) и пробирку или бутылку с дрожжами, зажигают ватные пробирки той или другой, тотчас же гасят их и, открывши чисто вымытыми руками колбу со стерильным суслом, вливают в нее содержимое пробирки или бутылки, сейчас же снова затыкают ватной пробкой и накрывают ее стаканом. Все эти операции нужно произвести возможно быстро. При разведении чистой культуры дрожжей из одной пробирки следует брать стерилизованное сусло в обыкновенной водочной бутылке емкостью в 0,5 и 1 л, а при разведении из бутылки или сразу из 3—4 пробирок—стерильное сусло берут приготовленное в трехлитровой колбе или бутылке емкостью в 3 л.

Колбу или бутылку, содержащую теперь стерилизованное сусло и дрожжи чистой культуры, ставят в теплое место—25—30° Ц (можно ставить в сосуд с налитой в него водой этой температуры) и от времени до времени осторожно взбалтывают содержимое колбы, а когда сусло сильно забродит, что обыкновенно бывает через 18—24 часа (немного раньше или позже, в зависимости от условий температуры), свежести желатиновой культуры, количества дрожжей, концентрации сусла и т. д., а при разведении из одной пробирки в лит-

ровой или полулитровой водочной бутылке, а затем из бутылки в трехлитровую склянку—сусло сильно бродит (обычно через 12—15 час.). Перелив чистой культуры в склянки со стерилизованным суслом является самой ответственной операцией, так как в это время дрожжи легко заразить, когда их еще очень мало.

Таким образом получится около 2 л бродящих чистых дрожжей. Но так как этого количества еще недостаточно для зацеди в маточник, то эти дрожжи нужно еще размножить. Это дальнейшее размножение можно вести или на стерилизованном (стерильном) сусле или пастеризованном (отваренном до 80° Ц и выдержанном при этой температуре не меньше одного-двух часов). Стерилизацию большого количества сусла в 15—20 л или две такие порции, разлитые в чисто вымытые высокие бутылки из-под серной или соляной кислоты, закрытые ватными пробками с накрытыми сверху пробок стеклянными станками, ведут в большом стерилизаторе по типу аппарата Коха. Стерилизация производится однократная, но в течение не менее двух часов¹.

Точно такую же стерилизацию можно было бы произвести упрощенным способом—путем непосредственного нагревания на огне, как это указано для стерилизации малых количеств сусла, но это не совсем удобно и можно ограничиться только пастеризацией путем нагревания сусла до 80° Ц и продержать его при этой температуре час-два, а затем охладить до 25°, и тогда сусло готово для дальнейшей переливки.

При отсутствии больших бутылей можно сделать медную или использовать готовую эмалированную кастрюлю емкостью—24—36 л с крышкой, налить в нее на $\frac{1}{2}$ ее высоты сусла и повести к ней прямой пар. Сусло нагревается до кипения или до 80° Ц и остается при принятой температуре (100 или 80° Ц) в течение двух часов. Когда достигнута желаемая температура, кастрюлю накрывают крышкой и заворачивают в мешок для лучшего сохранения температуры во время стерилизации. После стерилизации, смотря по необходимости, можно вести или постепенное охлаждение сусла или поставить кастрюлю в холодную воду, чтобы ускорить охлаждение. В это стерилизованное сусло, находящееся в кастрюле, добавляют при температуре 25° Ц дрожжи из бутылки, емкостью в 3 л, когда в последней бурное брожение затихнет.

Когда сусло в кастрюле хорошо забродит, то переливают из нее дрожжи в маточник, куда каждый час прибавляют хорошо отваренное (80° Ц) кислое дрожжевое тесто—по одному ведру—и доводят таким образом количество теста до объема нужной для завода матки и затем дают сбродить наполовину от первоначального Баллинга и поступают далее с этими дрожжами как с обыкновенной маткой.

Кислое тесто нужно готовить возможно гуще, почему и берут для разводки дрожжевой матки профильтрованное через редкий мешок тесто. Первое дрожжевое тесто, которое будет задано этой маткой, следует отварить до температуры 80° Ц. Дрожжам нужно дать хорошо взреть (дать сбродить до $\frac{1}{4}$ первоначального Баллинга) и не подмолаживать. Можно также разводить полочные дрожжи в большом количестве, в кастрюле или большой бутылке, другим способом, по типу ведения заводских дрожжей, считая их маткой и беря хорошо отваренного (до 80° Ц) дрожжевого кислого теста, а затем охлажденного до 25° Ц—в 4—5 раз больше, чем имеется разведенной чистой культуры. Последний способ менее хлопотлив, но зато во время сбраживания дрожжей можно опасаться заражения посторонними бактериями, так как при этом способе получается своего рода мертвый дункт.

Готовую дрожжевую матку, при наличии на заводе микроскопа следует проверить на чистоту.

Иногда при отсутствии желатины на заводе могут попасть культуры на скошенном сусле-агар-агара. Эта среда в теплой воде не расплавляется, а только при кипячении растворяется, почему расплавлять агар никоим образом нельзя. Дрожжи при этом будут убиты. Поэтому посевная культура на агаре смывается стерильным суслом, которое наливается в пробирку или бутылку с культурой через воронку с длинным концом, хорошо промытую 50%-ным спиртом.

¹ При устройстве большого парового стерилизатора отпадает надобность в малом, указанном раньше.

Сусла наливается на $\frac{2}{3}$ высоты сосуда, в котором прислана чистая культура. Ватную пробку от сосуда с культурой на агаре не кладут на стол, а держат в руке; по налитии сусла сосуд немедленно закрывают своей ватной пробкой, проведенной через огонь спиртовой лампочки.

Стол, на котором проводится этот пересев, должен быть совершенно чистый, свежее протертый 30%-ным спиртом, вымыт мылом и смочен спиртом. Сосуд с чистой культурой на агаре и стерильном сусле после этого ставится в теплую воду температурой 30—32° Ц, пока хорошо не забродит, когда делается вторичный пересев путем перелива через воронку в большой сосуд со стерильным суслом, как делается при культуре на скошенной желатине.

Как общее правило, необходимо иметь в виду, что первые два-три пересева делаются в стерилизованное сусло с естественной кислотой (0,3—0,5° Дельбрюка), а следующие пересевы — в стерилизованное сусло с постепенным повышением кислотности (0,8—1,1—1,4° Дельбрюка), но не переходя норм обычной кислотности. При повышении кислотности при разведении культурной матки при ведении сернокислых дрожжей или в начале производства надо пользоваться химически чистой серной кислотой (уд. веса 1,84), употребленной в 10 раз водой; при этом, имея в виду, что чрезмерная кислотность сусла принесет в большей степени вред дрожжам, чем защитит от посторонних бактерий, рекомендуется при подкислении серной кислотой никогда при разводке матки не доводить кислотности больше 0,9° Дельбрюка.

II. БАКТЕРИИ

Общий обзор

Кроме дрожжей встречаются в заторах и на сырых материалах спиртовых заводов и играют большую роль в процессах производства бактерий. Последние называются также *дробянками*, потому что они размножаются не почкованием, а делением. В клеточке образуется перегородка, которая делит клеточку на две части; перегородка утолщается, и затем одна половина отделяется от другой, и каждая клеточка начинает жить самостоятельно. Дробящиеся грибки или бактерии весьма распространены в природе и встречаются в воде, в воздухе и земле, и вместе с пылью, покрывающей сырые материалы, попадают в заторы. Среди бактерий имеются такие, которые способны образовать спирт при брожении, например: бактерия *продигиозум*, *бацилла фицианус* и *бацилла мацеранс*. Последняя осахаривает картофельные заторы и затем сбраживает образовавшийся сахар на спирт и ацетон; ее специально культивируют для производства спирта и ацетона. Имеются бактерии, которые вызывают молочнокислое брожение, другие — маслянокислое брожение, третьи — уксуснокислое брожение. Формы клеток у бактерий весьма разнообразны. На рис. 86 показаны различные формы бактерий по Ергенсону.

В а изображены шарообразные клеточки, которые называются кокками; причем маленькие шарики называются микрококками. Если клеточки после деления остаются соединенными попарно, то такие двойные клеточки, как изображено на месте б, называются диплококками, а если они соединены по четыре штуки — педиококками. Соединенные по восьми штук — причем как будто перевязаны пачкообразно называются сарцинами. На месте в рисунка показаны кокки, соединенные в виде цепочки или ожерелья, которые называются стрептококками. На месте д изображено скопление большого количества шарообразных клеточек в виде неправильной формы кучки, которая называется *злоглеей* или *стафилококками*. На

месте *e* этого рисунка показаны палочкообразные бактерии, причем короткие палочки прежде называли бактериями, а длинные палочки — бациллами.

Разделение на бактерии и бациллы ныне основано на различном отношении к спорообразованию. Бактерии дают споры, в то время как бациллы лишены способности спорообразования.

На месте *f* изображены клеточки с утолщениями посредине, каковые называются *веретенообразными бактериями*. На месте *g* изображены так называемые *нитчатые бактерии*, которые представляют длинную клеточку вроде нитки. Бывают *ложнонитчатые*, когда целый ряд

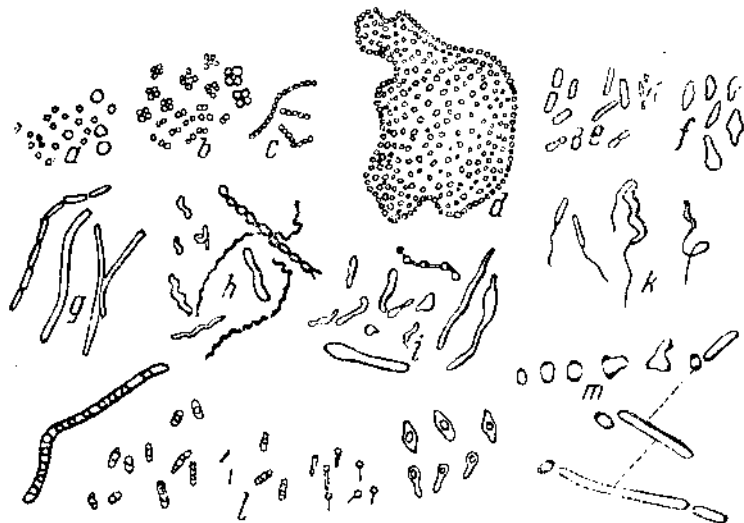


Рис. 86. Вид различных дробящихся грибов в стадии роста и спорообразования, по Ергенсону.

a—шарообразные (кони), большие называют—микрокони, маленькие—микрокони; *b*—шарообразные после разномножения группами по две, по четыре; по две—диплоконы; по четыре—тетрады; по восемь—пачкообразные—сарма; *c*—шарообразные, соединенные в виде ожерелья—стрептоконы; *d*—шарообразные, лежащие в виде неупорядоченной формы кучи, зооглеи или стафилоконы; *e*—палочкообразные, короткие—бактерии; длинные—бациллы; *f*—веретенообразные, т. е. палочки со вздутием в середине; *g*—нитеобразные, т. е. очень удлиненные палочки; иногда ложно-нитеобразные, когда много расположенных в виде цепочки, бактерий образуют длинную нить; *h*—нитеобразные или волнообразные; мало изогнутые—вибрио; сильно искривленные—спирохеты; *i*—инволюционные формы, т. е. удлиненные с весьма неправильной формы вздутиями; *k*—бактерии со жгутиками, которые имеются у некоторых (уксуснокислых, маслянокислых, сенной бациллы) как средство для самопередвижения. Жгутики можно обнаружить только после специального окрашивания; *l*—вид разных бактерий со спорами; *m*—прорастание спор бактерий.

клеточек образует цепочку — ниточку. На месте *h* изображены *винтообразные бактерии*, причем клеточки мало извитые называются *вибрионами*, а сильно извитые *спирохетами*. На месте *i* изображены клеточки неправильной формы (со вздутиями), которые называются *инволюционными*. На месте *k* изображены *бактерии с жгутиками*. Эти жгутики являются органом передвижения этих бактерий в жидкости (см. рис. 87). Жгутики обнаруживаются под микроскопом только при окраске препарата на особом способу; они имеются, например, у маслянокислых, уксусных и сенной бациллы.

На месте 1 изображены различные формы спор у бактерий, а на месте 2 — прорастание спор с образованием новых клеток.

По отношению к воздуху бактерии делят на *аэробные*, нуждающиеся в воздухе, и *анаэробные*, жизнедеятельность которых протекает без доступа воздуха, и *условно анаэробные* или *факультативно анаэробные*, которые могут жить и без доступа воздуха и в присутствии воздуха. О различном отношении разных бактерий к воздуху весьма наглядно показывает рис. 88, на котором изображены три цилиндра со стерилизованным желатиновым суслом, в котором был сделан укол острой платиновой проволокой, зараженной культурой какой-нибудь бактерии. Укол был

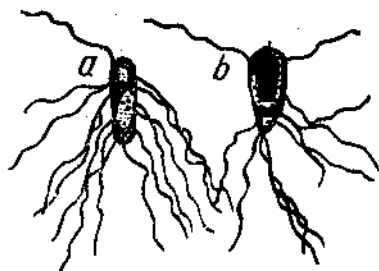


Рис. 87. Маслянокислая бактерия со спорой и жгутиками.

сделан во всех пробирках на одинаковую глубину, но из разных источников; в первой слева пробирке колония бактерий размножилась только в верхней половине канала, что показывает, что эта бактерия явно *аэробная*; в средней пробирке бактерии образовала колонию по всей глубине канала, что показывает, что эта бактерия относится к кислороду воздуха безразлично и принадлежит к *факультативно анаэробным*; в правой пробирке бактерии размножилась только в нижней части канала, где воздуха нет, и следовательно они относятся к *анаэробным*.

Бактерии весьма различно относятся к питательной среде; в этом отношении их можно разделить на 2 следующих класса:

1) *прототрофные* бактерии, которые могут вести свою жизнедеятельность, не имея для питания органических веществ, и которые довольствуются для питания минеральными веществами, как углекислым и аммиачные соли, из которых они создают новые клетки. К этим бактериям принадлежат нитрофицирующие бактерии.

2) *метатрофные* бактерии, которые должны иметь для питания органические соединения в виде углеводов и белков; к ним принадлежат гнилостные бактерии и все бактерии бродильной техники, а также микроорганизмы, вызывающие всевозможные болезни в человеческом организме.

По отношению к различным ядам или антисептикам, как-то: сода, известь, формалин, кислоты, сулема и пр., бактерии также чувствительны, как и дрожжи. Особенно чувствительны бактерии к кислотам и спирту; культурные дрожжи, применяемые в спиртовом производстве, менее чувствительны к спирту и кислотам. В заводской практике широко используют это обстоятельство для достижения чистого брожения посредством дрожжей в открытых чанах, в которые попадают бактерии из воздуха; в дрожжи задают серную кислоту или плавиковую кислоту в таком количестве, которое совершенно безвредно для деятельности дрожжей, между тем как бактерии в присутствии этого количества кислоты приостанавливают свою жизнедеятельность.

Интересно, что большинство бактерий чувствительны даже к той кислоте, которую они сами производят, и при небольшом накоплении своей

же продукции уже приостанавливают свое размножение; например, чтобы достигнуть большого размножения культурных молочнокислых бактерий, применяемых в спиртовом производстве, задают в бродящее сусло с молочнокислыми бактериями мел для нейтрализации накапливающейся при брожении молочной кислоты.

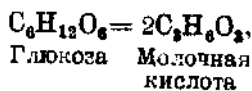
Летучие кислоты, как масляная, муравьиная, уксусная, вырабатываемые некоторыми бактериями, очень вредны для спиртового брожения, так как подавляют действие дрожжей. В настоящее время полагают, что бактерии кроме своей основной продукции вырабатывают в небольшом количестве какие-то еще неизвестные нам яды для своей защиты от посторонних микроорганизмов. Этим возможно объяснить то явление, что масляная кислота в небольшом количестве возбуждает деятельность дрожжей и способствует лучшему исходу спиртового брожения; между тем при наличии гораздо меньшего количества масляной кислоты, но в присутствии масляных бактерий деятельность дрожжей сильно задерживается.

Бактерии, встречаемые в спиртовом производстве

Молочнокислые бактерии

Как выше уже было указано, молочная кислота является хорошим антисептиком для защиты дрожжей против посторонних и вредных микроорганизмов. Эта кислота в небольшом количестве приостанавливает развитие последних, между тем как такое количество молочной кислоты для дрожжей совершенно безвредно. С этой целью культивируют на спиртовых заводах молочнокислую бактерию, которая разлагает часть сахара дрожжевого завода с целью накопления в нем молочной кислоты в качестве антисептика.

Молочнокислых бактерий имеется около 30 видов. Некоторые разлагают сахар, образуя только одну молочную кислоту; реакция идет по формуле:



кислоты; они часто образуются из сахара летучие кислоты, весьма вредные для процесса спиртового брожения.

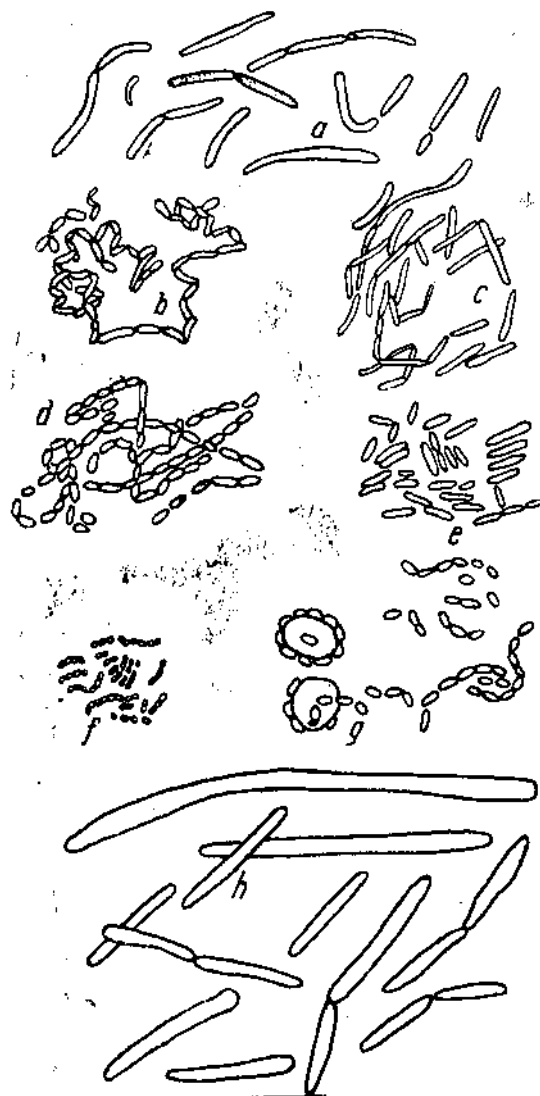


Рис. 89. Различные формы молочнокислых бактерий (увелич. в 1500 раз).

а — молочнокислые бактерии чистой культуры (бацилла Дельбрюка), размножившиеся в картофельном сусле, б, в, г, е, ж — дикие молочнокислые бактерии, между ними: д — бацилла Вейеринка, з — бацилла Вемера, е — хлопьевидные молочнокислые бактерии, ж — молочнокислая бактерия Лейхмана, размножившаяся в хлебном сусле.

С этой точки зрения различают культурные и дикие молочнокислые бактерии.

Культурная молочнокислая бактерия — бацилла Дельбрюка. На спиртовых заводах культивируют в настоящее время присылаемую из лабораторий научных институтов чистую культуру молочнокислой бактерии, названной в честь Дельбрюка бациллой Дельбрюка. На рис. 89 на месте а показана она при увеличении в 1500 раз, при культивировании ее в дрожжевом хлебно-картофельном сусле.

Она представляет длинную палочку, часто слегка изогнутую, стоящую либо в одиночку, либо попарно, либо по три. Между ними изображена одна пара мертвых клеток, которые выделяются резко зернистым строением внутреннего содержимого. Спор эти бациллы не образуют. Они вызывают энергичное закисание хлебно-картофельного и паточного сусла, но совершенно не вызывают брожения в молоке. Для их размножения наиболее благоприятная температура 45°C , а для накопления молочной кислоты хороша температура в $46-47^{\circ}\text{C}$; при температуре 55°C образование молочной кислоты совсем прекращается; температура 75°C бациллу совершенно убивает. Однако на

спиртовых заводах из опасения, что при низких температурах могут размножиться маслянокислые и дикие молочнокислые бактерии, наносящие большой вред производству, ведут обычно молочнокислое закисание дрожжевого сусла при высоких температурах (50—55° Ц и даже несколько выше). Размножение молочнокислой бактерии и накопление кислоты при таких условиях возможны по той причине, что на дне чана, у боковой его поверхности и в верхнем слое сусла температура много ниже 55° Ц.

Бацилла Дельбрюка разлагает сахар по вышеуказанной формуле без образования каких-либо газов, и потому при правильном ведении молочнокислого закисания поверхность закисающего дрожжевого затора должна быть гладкая, без пузырьков; появление пузырьков на поверхности, служащих показателем, что брожение проходит с выделением газов, указывает, что в заторе имеются посторонние микроорганизмы, кроме бациллы Дельбрюка, которая газов не образует.

Так как бацилла Дельбрюка требует для правильного заквашивания дрожжевого сусла, чтобы в нем в течение 22—23 часов процесса закисания поддерживали температуру 50—55° Ц, то явилась мысль использовать другую молочнокислую бактерию, которая хорошо развивалась бы при более низких температурах. Для молочнокислого закисания мясного затора, по исследованиям Всеукраинского научно-исследовательского института, хороша для этой цели бацилла *бразика*, которая хорошо развивается при низких температурах без выделения газов и потому применяется для заквашивания капусты. Институт в Киеве проводит опыты, чтобы выяснить, пригодна ли она для молочнокислого закисания в хлебно-картофельных заторах.

Дикие молочнокислые бактерии. На рис. 89 изображены под обозначением *b, c, d, e, f* и *g* виды некоторых молочнокислых бактерий, которые известный микробиолог Геннеберг называет *дикими*, так как они образуют кроме молочной кислоты вредные летучие кислоты.

В месте *d* изображена бацилла *Бейеринка*; она отличается тем, что хорошо размножается при низкой температуре (27,5—30° Ц), т. е. при температуре обычного ведения брожения в чанах на спиртовых заводах; размножаясь она накапливает молочную кислоту, которая убивает осаживающую способность диастаза, и потому прекращается образивание декстринов в заторе.

На месте *f* показана бацилла *Вемера*, которая образует цепи весьма мелких палочек; эта бацилла особенно вредна, так как она образует летучую уксусную кислоту, убивающую диастаз в заторе.

На месте *h* показаны бациллы *Лейхмана*, или бацилла кислого молока, развившаяся в хлебно-картофельном заторе. В последнем они образуют очень мало молочной кислоты и потому для спиртового производства мало пригодны.

Различные молочнокислые бактерии дают разного качества молочную кислоту. Бацилла Дельбрюка образует левовращающую молочную кислоту, тогда как другие образуют либо правовращающую, либо оптически недействительную молочную кислоту.

Молчнокислые бактерии наносят крупный вред производству, когда они попадают в сладкий главный затор вместе с дрожжами, и поэтому

обычно закисший дрожжевой затвор, когда в нем образовалось достаточно молочной кислоты, отваривают до температуры 75° Ц, чтобы убить в нем все бактерии, чтобы они не могли дальше развиваться.

Маслянокислые бактерии

Бактерии, которые при сбраживании сахара дают масляную кислоту, называются маслянокислыми бактериями. Их продукция — масляная кислота, как выше уже было указано, в очень малом количестве возбуждает деятельность дрожжей, а в больших количествах сильно задерживает деятельность последних. Особенно вредна деятельность присутствующих в заторе маслянокислых бактерий, которые выделяют какие-то яды, сильно задерживающие деятельность дрожжей. На рис. 90 изо-

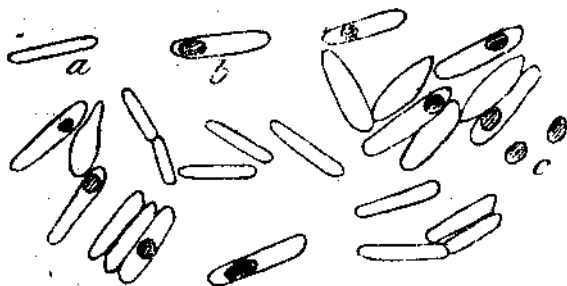


Рис. 90. Маслянокислые бактерии и их спорообразование.

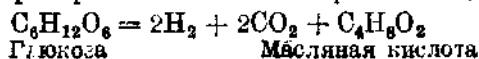
а—длинные палочки; б—палочки со спорами; в—отдельные споры; по Гензлеру.

гих клеточках на рис. 90 и 91, и обладают способностью самонепредвижений. На рис. 91 изображена маслянокислая бактерия П р а ж м о в с к о г о, носящая название «кlostридиум бутyрикум». На месте с показано, как из споры вырастает новая бацилла.

Споры маслянокислой бактерии весьма живучи и переносят без вреда температуру 100° Ц. Если молоко в колбе с ватной пробкой кипятить недолго (3—4 мин.) и оставить стоять, то часто уцелевшие споры маслянокислой бактерии размножатся, и через некоторое время начнется в колбе маслянокислое брожение, с выделением масляной кислоты, которую легко отличить по неприятному запаху.

Таким образом даже кипячение молока не помогло, чтобы сразу убить споры маслянокислой бактерии. Зеленый солод часто содержит такие споры, и стерилизация затора подваркой его до температуры 61°C не убивает этих спор. Чтобы не дать этим спорам размножиться, необходимо так вести расхолаживание затора, чтобы не задерживаться на температурах $30-40^{\circ}\text{C}$, благоприятных для развития маслянокислой бактерии, а быстро довести затор от 61°C до температур $28-30^{\circ}\text{C}$, благоприятной для размножения дрожжей.

Разложение сахара при маслянокислом брожении идет по формуле:



Г. Юкоза

Масляная кислота

Отсюда видно, что маслянокислое брожение обычно сопровождается выделением газов, чем оно резко отличается от молочнокислого брожения.

Если хлебный затор оставлен при температуре 35°C и закис, причем его верхняя поверхность гладкая и незаметно выделения какого-либо газа, то это показывает, что здесь произошло заражение не маслянокислыми, а молочнокислыми бактериями.

Иод окрашивает маслянокислые бактерии в синий цвет, и поэтому их легко отличить от молочнокислых бактерий.

Интересно, что маслянокислые бактерии образуют не только сахар, но и молочнокислый кальций, образуя из него масляную кислоту; таким образом часто после молочнокислого брожения наступает маслянокислое брожение. При фабрикации масляной кислоты пользуются этим способом; получают сначала из сахара молочнокислый кальций, а из последнего масляную кислоту.

Маслянокислое брожение редко проявляется в картофельных заторах, но более часто в хлебных заторах.

Мокрая гниль картофеля, при которой последний превращается в зловонную мокрую гниющую массу, часто вызывается маслянокислыми бактериями, проникающими внутрь клубня при повреждении его паружной кожи.

По мнению Д е л ь б р ю к а, гнилой картофель часто образует внутри запарника комья, сердцевина которых не разваривается, а остается совершенно сырой и уносится таковой из гонца в затор, причем споры маслянокислой бактерии заражают затор. Этим объясняется плохое сбраживание заторов из гнилого картофеля (см. стр. 146, часть 1).

Имеются еще бактерии, вызывающие так называемое б у т и л о в о е брожение, т. е. разлагающие сахар с образованием бутилового спирта. Эти бактерии по наружному виду очень похожи на маслянокислую бактерию, имеют благоприятную температуру (также 35°C), выделяют при брожении также ацетон, углекислоту и водород, но образуют очень мало масляной кислоты, около 0,3%, вообще к кислотам они очень чувствительны; главным продуктом брожения их является бутиловый спирт.

Уксуснокислые бактерии

На рис. 92 и 93 изображены бактерии, вызывающие уксуснокислое брожение. При этом обычно спирт, имеющийся в жидкости, при содей-

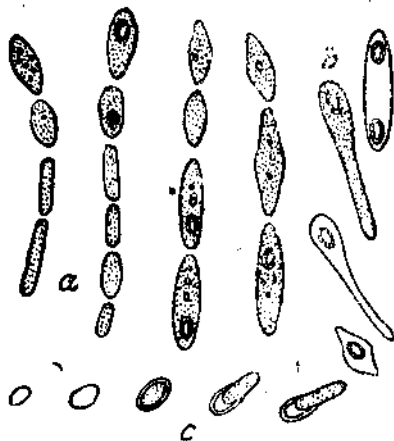
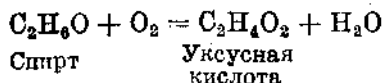


Рис. 91. Маслянокислые бактерии *кlostридиум бутирикум* (Празмковского).

а—нормальные клеточки; б—клеточки со спорами; в—новообразовавшиеся споры и прорастающие споры.

ствии этих бактерий, присоединяет кислород из воздуха и окисляется, образуя уксусную кислоту. Реакция идет по формуле:



На рисунке 92 показаны, по Геннебергу, два различных вида укуснокислых бактерий при увеличении в 2 000 раз. Они представляют маленькие короткие палочки, расположенные или в виде цепочки, или в виде таблички. Иногда они появляются в виде пленки на поверхности жидкости.

На рис. 93 изображена бактерия Пастера, часто появляющаяся на поверхности закившего пива, закисание которого она и вызвала.

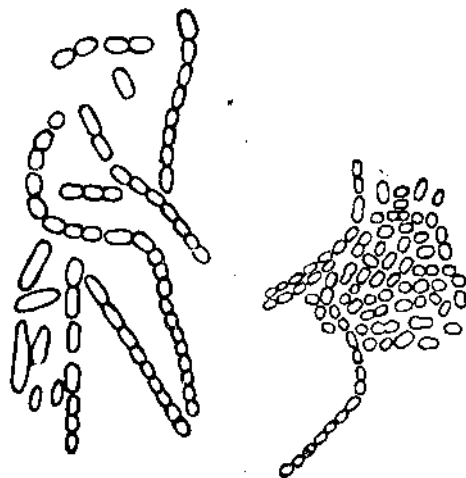


Рис. 92. Два различных вида уксуснокислых бактерий по Геннебергу.

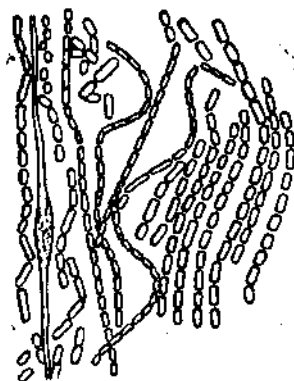


Рис. 93. Бактерия Пастера, появляющаяся на пиве.

Бактерии эти аэробные; спор они не имеют, и потому их легко убить при стерилизации нагреванием. Оптимальной температурой их развития следует считать 20—30° Ц, т. е. они развиваются при той же температуре, что и дрожжи, и потому они опасны для производства. Бактерии эти выносят большое количество уксусной кислоты (до 14%), и потому наши антисептики действуют на них слабо. Наличие в заторе только $\frac{3}{4}$ % уксусной кислоты подавляет дрожжи.

Главная мера борьбы с ними—чистота на заводе и в чанах, сильные дрожжи чистой культуры и невысокие температуры брожения.

Бактерии мочки льна

(Бациллус мацеранс)

На рис. 94 изображена *бацилла маперанс*, которая выделена из льна Шарлингером как бактерия, вызывающая распадение волокон

льна при мочке его. Эта бактерия представляет собой длинную палочку, имеющую в длину 4—6 μ , в ширину 0,8—1,0 μ ; на одном конце палочки образуется утолщение, и в этом месте появляется обычно спора; последние очень устойчивы и выносят кипячение даже в течение нескольких часов. Бактерии эти отличаются также своей подвижностью.

Кроме указанных на рисунке в *a* и *b* длинных тонких палочек, встречаются еще более короткие и более толстые палочки, изображенные в месте *c*.

Бацилла мацеранс выделяет энзимы, растворяющие пектиновые вещества межклеточного вещества в клубнях картофеля и содействует при гниении картофеля его распаду в жидкую зловонную кашу.

Бактерия эта разлагает крахмал, образуя из него сахар, и сбраживает последний, образуя из него этиловый спирт и ацетон.

В Белоруссии действует завод ацетоно-этилового брожения, который производит из картофеля спирт и ацетон. Последний имеет широкое применение в химической промышленности.

Другие бактерии, встречаемые в спиртовом производстве

К этим бактериям следует, по Цельсбрюку, отнести: картофельные бактерии, сенные бациллы, гнилостные бактерии, бактерии воды и шаровые бактерии.

Картофельные бактерии водятся в большом количестве в земле, из которой попадают вместе с картофелем в заторы.

Эти бактерии отличаются подвижностью и способностью образовывать весьма стойкие споры. Последние выносят кипячение в течение нескольких часов, не погибая, но при варке под давлением пара в 2 атм. погибают в течение получаса.

При большом размножении в заторе они угнетают жизнедеятельность дрожжей; присутствие молочной кислоты и небольшого процента спирта задерживает развитие этих бактерий.

Сенная бацилла, или бацилла субтилис, образует короткие, подвижные палочки (рис. 95 (*d*), споры которых (*d*₁) также выносят кипячение в течение нескольких часов, но которые погибают при варке под давлением выше 2 атм.

По Геннебергу, признаком заражения затора сенными бациллами является появление на поверхности затора серой, сморщенной пленки с запахом, напоминающим запах акации. Оптимальная температура их развития 30—35° Ц, но они могут развиваться и при темпе-

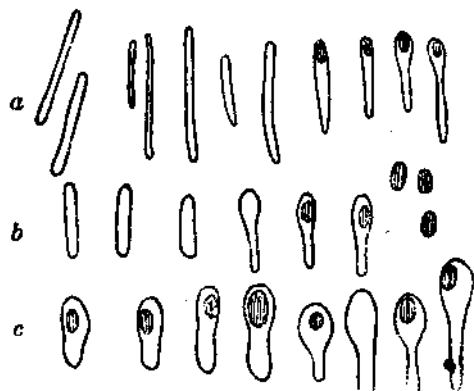


Рис. 91. Бацилла мацеранс Шармьера.

a—обычные формы; длинные самопередвигающиеся палочки; некоторые со спорами; *b*—более толстые палочки; справа—споры; *c*—палочки необычной споры с отклонениями как по длине, так и по толщине по Геннебергу.

ратуре 50° Ц. Они очень чувствительны к кислоте; небольшое количество молочной кислоты их убивает.

Геннеберг сообщает, что он наблюдал один случай заражения молочнокислого дрожжевого теста сенными бациллами; источником этого заражения были капельки вспотевшей крышки, падавшие в чан. Когда крышки на чанах были смазаны для дезинфекции слабым раствором формалина, сенные бациллы сразу исчезли.

Гнилостные бактерии вызывают отчасти гниение картофеля и пресованных дрожжей, при котором белковые вещества разлагаются с выделением различных газов. Низкие температуры задерживают развитие этих бактерий, а присутствие в заторе молочной кислоты или спирта совсем их подавляет.

Бактерии воды. Вода всегда содержит некоторое количество бактерий. Желательно брать для производства как можно более чистую воду (см.

стр. 80 и 81, часть 1). Следует заметить, что кислота, спирт и высокие температурные отварки заторов убивают бактерии воды и делают их безвредными для производства.

Опыты Киевского научно-исследовательского института ферментативной и плодоовощной промышленности (проф. Киров) показали, что для очистки грязной зараженной прудовой воды хорошо при-

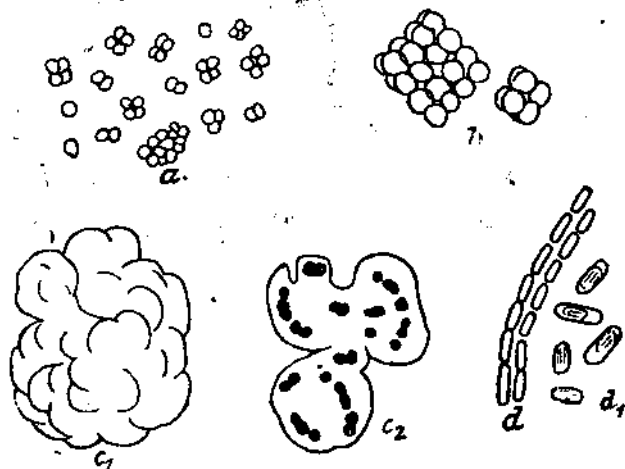


Рис. 95. Шарообразные бактерии и сенные бациллы.

а—увелич. в 1000 раз; б—увелич. в 2000 раз (по Геннебергу).

менять белильную известь. Достаточно дать 10,—15 мг активного хлора (35—40 г белильной извести) на 1 л воды, чтобы сделать такую воду совершенно безвредной для процесса брожения.

Шаровидные бактерии также встречаются в заторах спиртовых заводов. Они бывают либо в одиночку, либо соединенные группами по две и по четыре—педиококки, как показано в а рис. 95; встречаются они также соединенными в большую кучу, представляющую как бы перевязанную большую пачку, как показано на том же рисунке в б, и которая называется *сарцина максима* (кроме того имеется ряд других видов сарцин). Сарцины встречаются в хлебных заторах спиртовых заводов и не опасны для производства.

На месте c_1 и c_2 рисунка 95 показана бактерия *ле́йконосток* (клён), который по форме напоминает лягушечью икру. Кучка состоит из ценочки шариков, окруженных слизью, образующей капсулю; когда

слизь засыхает, то получаются отдельные комки, полупрозрачные, напоминающие разбухшее саго.

Лейконосток встречается в соках и в кормовой патоке свеклосахарных заводов и отсюда попадает на спиртовые заводы. Он быстро размножается, образуя большую массу, которая, скопясь в трубах у вентилях, на поворотах труб, закупоривает иногда последние и вызывает задержку производства. В сахарных растворах эти бактерии вызывают декстрановое брожение, причем 10%-ный сахарный раствор за 12 часов превращается в густой студень. Благоприятной температурой для развития этой бактерии является 30—35° Ц.

III. ПЛЕСЕНИ

Плесени играют в спиртовом производстве двоякую роль. С одной стороны, они являются врагами производства; развитие их на солоде, на стенах, на поверхности чанов очень нежелательно, так как там, где имеется плесень, имеется и много разных бактерий, заражающих заторы

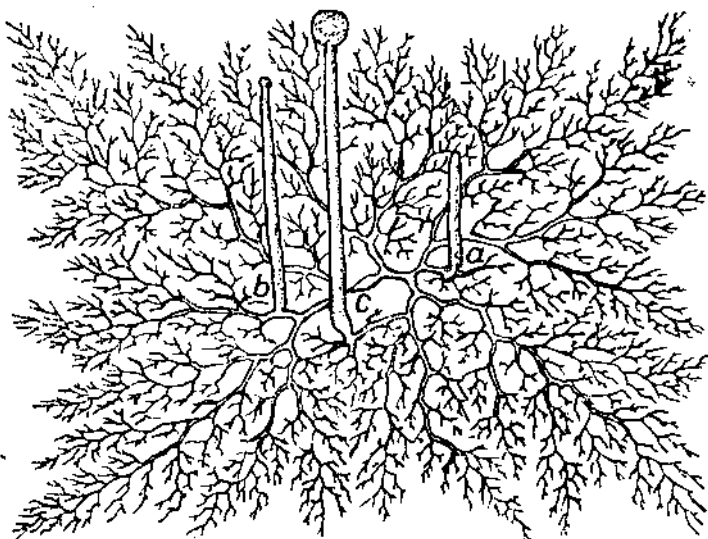


Рис. 96. Плесень *мукор муцедо*: мицелий и три спорангиеносца (а, б, в) на различных стадиях развития.

и наносящих большой вред производству. С другой стороны, некоторые из плесеней содержат большое количество энзима диастаза и применяются с успехом взамен солода для осахаривания крахмала затора.

Многие из плесеней имеют кроме диастаза и зимазу и сбраживают сахар на спирт. Некоторые мукоры¹ сбраживают только глюкозу и левулозу, а другие, например *мукор рацемозус*, сбраживают не только глюкозу и левулозу, но и дисахара: мальтозу и сахарозу. По количеству

¹ Грибы, имеющие головку в виде шара со спорами, называются мукоровыми или головчатыми.

спирта, которое могут образовать плесень при брожении, они тоже отличаются друг от друга. Например головчатая плесень *мукор эректус* может дать при сбраживании сахара 8% спирта, *мукор рацемозус* 7%, а *мукор столонифер* — только 3%.

Плесени, встречаемые в спиртовом производстве, принадлежат к нитчатым грибам или гифомицетам (гифы — нити). Они принадлежат к крупным микроорганизмам, которые мы часто видим невооруженным глазом.

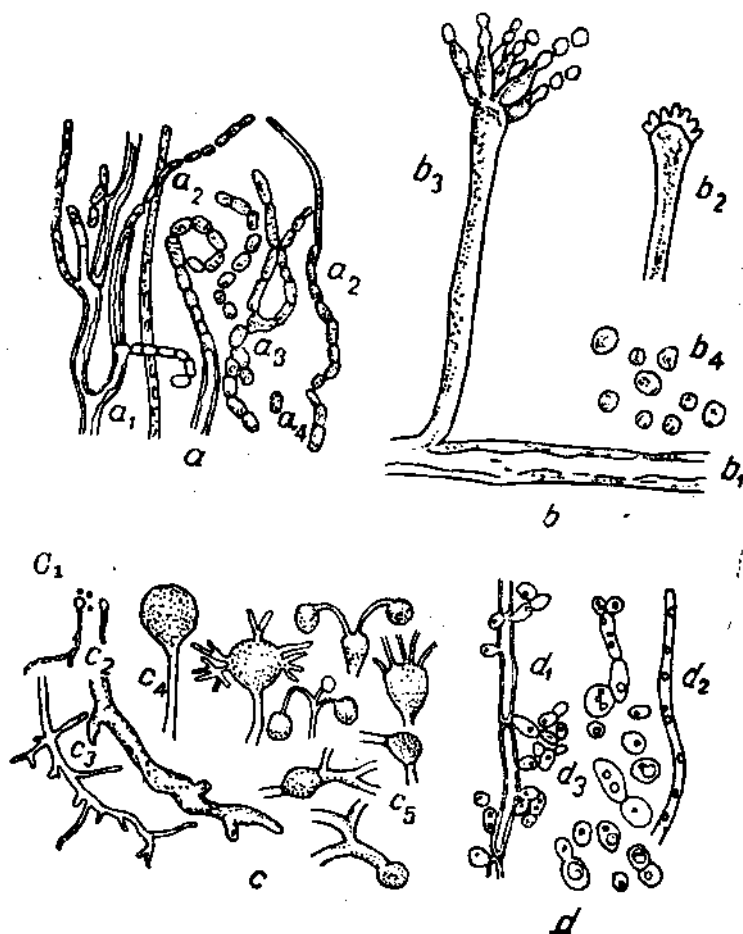


Рис. 97. Различные виды плесеней и способы их размножения по Геннебергу.

Иногда плесень представляет массу разветвленных цепных нитей, которые не имеют поперечных перегородок, например изображенный на рис. 96 *мукор муцедо*; иногда они разделяются перегородками на отдельные клеточки, например изображенная на рис. 97 в месте а молочная плесень *оидиум лактис* (увел. 250 раз), которая тянется в виде цепочки отдельных клеточек. Образовавшееся из нитей или гифов тело

называют *мицелием*. Гифы пронизывают жидкость, на которой плесень находится, и всасывают из нее необходимые им питательные вещества.

В a_1 показаны нити мицелия, в a_2 — поперечные деления мицелия для спорообразования; в a_3 — отпшнурование спор и в a_4 — отдельные споры.

Изображенный на рис. 96 грибок *мукор муцедо* принадлежит к мукоровым, головчатым. Они размножаются помощью спор, образуемых в круглой головке или шаре, называемом *спорангием*, [а ножка, вырастающая вверх над мицелием и которая держит на себе этот шар, называется *спорангиеносец*; на рисунке в *a* виден спорангиеносец без спорангия, в *b* — спорангий еще молодой, а в *c* он совсем развился. Когда споры созревают, спорангий лопается, и споры высыпаются наружу. Из одной такой споры может вырасти мицелий, показанный на этом рисунке.

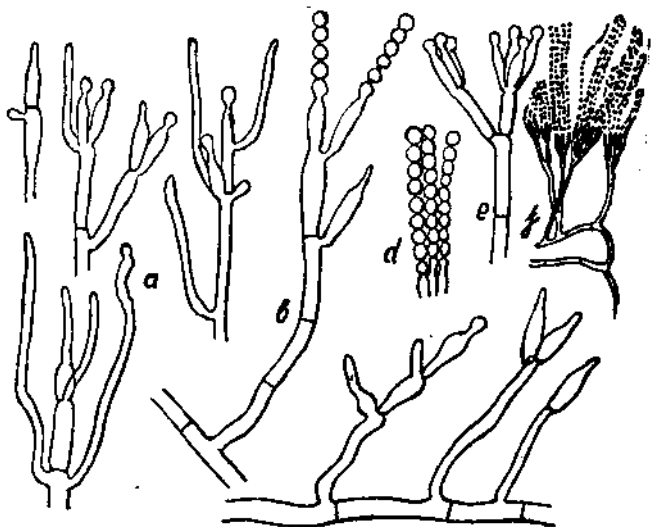


Рис. 98. Щеточниковидная плесень *пенициллум глаукум*.

Другие плесени, как, например, изображенная на рис. 97 на месте b_1 , b_2 , и b_3 , — плесень, появляющаяся на рисе, — *аспергилус ориза*, размножается посредством конидий. Раз-

множение это состоит в том, что на плесени появляется веточка, называемая *стеригмой*; в конце ее отпшнуровывается конидия, являющаяся спорой, от которой может вырасти при благоприятных условиях новая такая же плесень.

На месте *c* того же рисунка с увеличением в 500 раз показана плесень *амилломисс* β , которая культивируется при ведении спиртового производства из кукурузы взамен солода. На месте c_1 показаны споры, в c_2 — размножение споры, в c_3 — нити мицелия, образовавшиеся из споры, в c_4 — образование органов размножения, а в c_5 — образование хламидоспор в мицелии, т. е. образование внутри мицелия спор, расположенных там, как редкие перлы на ожерелье.

На месте *d* показана плесень *монилия* с увеличением в 500 раз, причем в d_1 показаны нити мицелия, в d_2 — нити мицелия с жировыми каплями внутри и в d_3 — отпшнуровавшиеся конидии, похожие на дрожжевые клетки, способные почковаться.

На рис. 98 изображена щеточниковидная плесень, называемая *пенициллум глаукум*. Она часто встречается на солоде, в особенности на по-

врежденных зернах, и вызывает своеобразный запах плесени. От белых нитей мицелия этой плесени отходят конидиеносцы *a, b, c, d, e, f* группами в виде щеточки; на концах конидиеносцев появляются споры в виде цепочки шариков зеленого цвета. Эти зеленые споры и придают всей плесени зеленый цвет.

Сами по себе плесени не опасны для спиртового производства, так как высокие температуры отварки, кислотность дрожжевого затора и наличие большого количества дрожжей мешают их развитию, но бактерии, сопровождающие плесень, опасны для производства, и потому плесень не должна иметь места на спиртовом заводе.

ВОПРОСЫ

1. По какой химической формуле должно проходить идеальное спиртовое брожение? Все ли дрожжи образуют из сахара одинаковое количество спирта при брожении? Перечислите, какие микроорганизмы, кроме дрожжей, вызывают разложение сахара.

2. Как велика дрожжевая клетка? Какой вид молодой, старой и умершей дрожжевой клетки под микроскопом? Какие способы размножения дрожжей вы знаете? Можно ли по наружному виду гигантской колонии дрожжей отличить расу II от расы XII? Какие вы знаете виды дрожжей? Чем отличаются по качествам дрожжи спиртовых заводов от дрожжей пивоваренных и дрожжевых заводов? Какие дрожжи называют: нижнебродящими, верхнебродящими, пылевидными, хлопьевидными?

3. Какой химический состав дрожжей? Какие вещества нужны для их питания? Какое влияние на размножение дрожжей и на их сбраживающую способность имеют: температура, продувание воздуха, механическое размешивание, процент спирта в бродящей жидкости, кислоты, лды?

4. Какое влияние имеет на размножение дрожжей и на размножение бактерий концентрация водородных ионов? Как отражается концентрация затора на успешность процесса брожения?

5. Что вы называете дрожжами чистой культуры? Чем различаются между собой дрожжи расы II, расы V, расы XII? Как получить дрожжки чистой культуры по Ганзену, по Линднеру? Опишите сосуд Линднера для получения чистой культуры.

Каковы принципы устройства берлинского завода для получения дрожжей чистой культуры? Как размножить дрожжи до объема в 100 мл из двух пробирок с дрожжами чистой культуры?

6. Что вы называете бактериями? Какие бактерии вызывают спиртовое брожение? Какой вид имеют разные бактерии под микроскопом? Какие бактерии называют: аэробными, анаэробными, прототрофными, метатрофными? Отношение бактерий к кислотам и спирту в заторе?

7. Какой вид имеет под микроскопом бактерия Дельбрюка? По какой химической формуле должно протекать разложение сахара при этой бактерии? Какая температура наиболее благоприятна для жизнедеятельности этой бактерии? Почему держат при закисании температуру 50° Ц, а не 43° Ц?

Какие вы знаете дикие молочнокислые бактерии? Чем они отличаются от бактерий Дельбрюка?

8. Какие бактерии называют маслянокислыми? По какой формуле идет разложение сахара при маслянокислом брожении? Как отличить под микроскопом маслянокислые бактерии от молочнокислых? В каких заторах встречаются чаще маслянокислые бактерии? Как относятся к различным температурам маслянокислые бактерии и их споры?

9. По какой химической формуле идет уксуснокислое брожение? Какой вид имеют уксуснокислые бактерии под микроскопом? Почему уксуснокислые

бактерии опасны для спиртового производства? Какой вид имеет бациллам ацеранс и что она образует из сахара при процессе брожения?

Что вы знаете о сенных бактериях и о лейконостоке?

10. Какой вид имеет под микроскопом плесень? Сколько спирта получается при сбраживании сахара плесенью? Какие плесени называются муко-рами? Что такое: гифы, мицелий, спорангий, спорангиеносец? Какая плесень называется амиломичес? Как называется зеленая плесень, встречаемая на солоде?

ГЛАВА IX

Приготовление дрожжей

МЕТОДЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ДРОЖЖЕЙ И ВЕДЕНИЯ БРОЖЕНИЯ НА СПИРТОВОМ ЗАВОДЕ

На спиртовых заводах ведут приготовление дрожжей и сбраживание сахара по следующим двум методам.

1. Метод брожения в герметически закрытых чанах по способу чистой культуры

Работа в больших замкнутых бродильных чанах емкостью в 10 000—15 000 дм³ ведется со всею тщательностью точно так, как ведется чистая культура в колбе Пастера.

По такому способу чистых культур ведут переработку на спирт кукурузы по способу «Амилор», который будет дальше подробно описан. Частично метод чистых культур применяется также на мясных спиртовых заводах.

2. Метод ведения брожения в закрытых и открытых бродильных чанах и дрожжанках по способу «естественной чистой культуры»

Большинство хлебно-картофельных спиртовых заводов ведут брожение дрожжей и главных заторов в открытых чанах по способу «естественной чистой культуры», как назвал этот способ Дельбрюк, потому что в природе встречаем много случаев такого почти чистого брожения экстракта, открытого, доступного воздействию посторонних микроорганизмов. Ниже описывается ведение работы именно по этому способу естественной чистой культуры.

ВОЗМОЖНОСТЬ ВЕДЕНИЯ БРОЖЕНИЯ НА ХЛЕБНО-КАРТОФЕЛЬНЫХ СПИРТОВЫХ ЗАВОДАХ, ПОЛЬЗУЯСЬ ДЛЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ БРОЖЕНИЯ ПРОСТЫМ ПЕРЕЛИВОМ БРОДЯЩЕЙ ЖИДКОСТИ В СВЕЖЕ ПРИГОТОВЛЕННЫЙ ЗАТОР

Когда главный затор расхоложен в заторном чану до температуры 28—80° Ц, то задают в затор для возбуждения брожения дрожжи.

С начала производства приобретают со стороны или дрожжи чистой культуры, или обыкновенные прессованные дрожжи, а затем при дальнейшем производстве спиртовой завод сам себе ежедневно готовит их.

Так как на спиртовых заводах приготавливают в сутки от 6 до 15 заторов и там всегда имеются бродильные чаны, в которых дрожжи находятся в стадии энергичного брожения и в стадии полной зрелости, то можно было бы взять часть бродящего затора для возбуждения брожения в свежеприготовленном сладком заторе. Однако многочисленные опыты показали, что если при хлебно-картофельном производстве брать непосредственно из бродящего затора, приготовленного вчера, часть этого затора для возбуждения брожения в заторе, приготовленном сегодня, то уже через несколько дней брожение в приготавливаемых заторах идет с большим закисанием, и результаты брожения бывают весьма плохие.

Чтобы избежать такого закисания, Христоф предложил взять для возбуждения брожения в свежем заторе $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{8}$ по объему бродящего затора из бродильного чана, где дрожжи вполне созрели, задать туда добавочные питательные вещества и серной кислоты для очистки дрожжей от посторонних вредных микроорганизмов, дать дрожжам постоять 2 часа для действия кислоты и после того задать их в свежий затор в качестве дрожжей. Таким путем Христоф хотел избавиться от необходимости готовить отдельные дрожжи для возбуждения брожения и ограничиться только переливанием затора из бродящего чана в свежеприготовленный затор. Однако этот упрощенный способ ведения дрожжей, принятый на спиртовых заводах, ведущих производство из свеклы без запарников Генце, и на заводах, ведущих производство спирта из сульфитных щелоков, не привился на хлебно-картофельных спиртовых заводах, и на них продолжают готовить отдельные дрожжи.

ПРИЧИНЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ДРОЖЖЕЙ НА ХЛЕБНО-КАРТОФЕЛЬНЫХ СПИРТОВЫХ ЗАВОДАХ

Успешное ведение заводских дрожжей по способу «естественной чистой культуры», при котором в дрожжанки попадают различные микроорганизмы из воздуха и микроорганизмы из зеленого солода, возможно, потому что при этом стараются создать особенно благоприятные условия для питания и всей жизнедеятельности дрожжей, какие часто трудно осуществить для всего большого затора; наоборот, для посторонних микроорганизмов стараются при этом создать условия или губительные для них, или неблагоприятные для их жизнедеятельности.

Преимущества, которые дает приготовление отдельных дрожжей, опишем ниже.

Выбор материалов для приготовления дрожжевого затора

Дрожжевой затор в хлебно-картофельном производстве имеет объем, равный 8—10% от большого затора. Это дает возможность сделать отбор наилучших здоровых припасов для дрожжей, чтобы создать для последних наиболее благоприятные условия для их жизнедеятельности. Например, для большого затора часто берут порченные гнилые припасы, но

для маленького дрожжевого затора отбирают здоровые, хорошие сырые материалы или, по крайней мере, стараются, чтобы в него попало как можно меньше испорченных, гнилых припасов.

Кроме того, чтобы получить здоровые, сильные дрожжи, способные стойко бороться с вредными для спиртового брожения микроорганизмами, следует дать дрожжам усиленное азотистое питание. В качестве такового прибавляют к маленькому дрожжевому затору зеленый солод, содержащий большое количество пептонов и амидов, которые легко растворимы и хорошо диффундируют и потому особенно пригодны для питания дрожжей.

Более высокие температуры стерилизации затора

Большой затор при его осахаривании отваривают до температуры 61°C для стерилизации, т. е. для того, чтобы по возможности обезвредить микроорганизмы, попавшие в него вместе с зеленым солодом. Температура эта далеко недостаточна для этой цели, но более высокую температуру опасно применять, так как она может повредить осахаривающую способность диастаза, которая нужна для осахаривания декстринов в бродильном чану при процессе дображивания.

В маленьком дрожжевом заторе имеется возможность по окончании процесса осахаривания крахмала зеленого солода стерилизовать затор отваркой до $70\text{--}80^{\circ}\text{C}$, так как повреждение диастаза роли не играет, ввиду того, что этот маленький дрожжевой затор поступит в большой затор, в котором имеется большой запас деятельного диастаза.

Прибавление в дрожжевой затор антисептиков

Чтобы защитить дрожжи от вредного действия посторонних микроорганизмов, прибавляют к затору вещества, действующие на эти посторонние микроорганизмы как яды, но совершенно безвредные для культурных дрожжей спиртовых заводов. В качестве таких антисептиков или ядов задают в дрожжи спиртовых заводов либо серную кислоту, либо плавиковую кислоту, либо молочную кислоту. Последнюю добывают, производя закисание сладкого дрожжевого затора посредством молочнокислых бактерий.

Приготовление концентрированного дрожжевого затора в $19\text{--}20^{\circ}\text{C}$ Бал

Чтобы дрожжи содержали побольше спирта, который также является хорошим антисептиком, а также для того, чтобы дрожжи имели большой запас сахара для сбраживания в течение 22—23 час. до поступления в затор следующего дня, готовят дрожжи с высокой концентрацией ($19\text{--}20^{\circ}\text{C}$ Бал), в то время как главный затор может иметь концентрацию в $15\text{--}16^{\circ}\text{C}$ Бал.

Высказанные здесь соображения должны служить руководящей нитью при приготовлении дрожжей для хлебно-картофельных заторов.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ДРОЖЖЕЙ ДЛЯ ХЛЕБНО-КАРТОФЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Приготовление дрожжей для хлебно-картофельных заторов распадается на следующие операции:

- приготовление дрожжевого затора;
- осахаривание и стерилизация затора;
- подкисление затора посредством серной кислоты или молочнокислого закисания дрожжевого затора;
- стерилизация кислого затора;
- расхолаживание кислого дрожжевого затора;
- задача дрожжевой матки;
- созревание дрожжей и снятие матки.

Приготовление дрожжевого затора

С начала производства готовят дрожжевой затор из ржаной муки и зеленого солода, а с первых дней приготовления больших заторов ведут так называемые отъемные дрожжи, т. е. из главного затора во время осахаривания снимают до 8—10% затора и добавляют зеленый солод.

Для приготовления дрожжевого затора следует обязательно брать хорошие, здоровые материалы. Если перерабатываются гнилой порченный картофель или порченная, сильно согревшаяся кукуруза, то стараются, чтобы часть затора, которая будет взята для приготовления дрожжей, была изготовлена из наименее пострадавших материалов.

Затор должен быть такой концентрации, чтобы после задачи дрожжей она равна была 19—20° Бал; но вместе с тем затор должен быть обязательно подвижен. Если подвижность отсутствует, то лучше добавить воды и иметь концентрацию до 18° Бал.

Перед тем как перейти к деталям изготовления дрожжей, необходимо выяснить, какой объем должен иметь дрожжевой затор.

Если дрожжи поступают в бродильный чан, в который сливается только один затор, то дрожжевой затор должен иметь объем в 8—10% большого затора. Если же на заводе имеются большие бродильные чаны, в которые поступают постепенно по одному 3—4 затора в каждый, то для такого чана готовят дрожжевой затор объемом в 4% от емкости всех главных заторов, поступивших в бродильный чан.

Приготовление первых дрожжевых заторов из муки и зеленого солода производится по следующему расчету.

Если главный затор имеет объем 1,2 в 1000 джл и поступает самостоятельно в отдельный бродильный чан, то для него необходимо приготовить дрожжевой затор, как выше указано, емкостью в 8%, т. е. емкостью 80 джл. Считая, что 1 кг зернового хлеба дает затор емкостью 0,38 джл, имеем, что для дрожжевого затора емкостью 80 джл потребуются $80 : 0,38 = 210$ кг зерна, включая и солод; это количество зерновых припасов можно разделить так:

100 кг в виде ржаной муки,
110 кг зерна для солода, или 154 кг зеленого солода,
450 л воды.

Если бы в бродительный чан поступало 4 затора по 1 000 джл каждый, то, по вышеуказанному, следует приготовить дрожжевой затор с объемом в $4\frac{1}{10}$ от 4 000 джл, т. е. емкостью в 160 джл, и тогда на этот затор пойдет удвоенное количество припасов, т. е.:

200 кг ржаной муки
220 * зерна для солода или 308 кг зеленого солода
.900 л воды

Затор производится следующим образом: набирают в дрожжезаторный чан указанное количество воды температурой 55—57° Ц, всыпают дробленый солод, хорошо размешивают, всыпают понемногу ржаную муку, долго и тщательно размешивают, чтобы разбить все комья, выпускают острый пар, медленно отваривают на 63° Ц (причем еще до конца отварки тщательно вымывают стенки, крышки, змеевик и все части дрожжезаторного чана, чтобы нигде не осталось частиц затора, не подвергшихся действию температуры 63° Ц).

Затор оставляют для осахаривания на 1 час, после чего отваривают его до температуры 65° Ц. При этой температуре его оставляют еще на $1\frac{1}{2}$ —2 часа для дальнейшего осахаривания.

Если ведут односуточные «серноокислые» дрожжи, то полученный сладкий дрожжевой затор отваривают для стерилизации до температуры 75° Ц, оставляют стоять $\frac{1}{2}$ часа, затем расхоложивают; при температуре 55° Ц задают разбавленную серную кислоту и продолжают расхоложивать до температуры 28—30° Ц, при которой задают маточные дрожжи. Брожение дрожжей длится сутки, и потому серноокислые дрожжи называют «о д н о с у т о ч н ы м и д р о ж ж а м и».

Если ведут двухсуточные «молочноокислые» дрожжи, то по окончании осахаривания задают кислоту матку, содержащую молочноокислые бактерии чистой культуры, и оставляют на сутки для закисания. Процесс накопления молочной кислоты вследствие разложения сахара действием молочноокислых бактерий длится сутки, процесс созревания дрожжей — еще сутки, и потому весь процесс приготовления дрожжей затягивается на двое суток, и потому молочноокислые дрожжи называют «д в у х с у т о ч н ы м и д р о ж ж а м и».

Отъемные дрожжи готовят из сладкого большого затора, отнимая у него определенный процент для дрожжевого затора. Когда окончили выдувание запарников Генце, отварили затор в заторном чану для стерилизации и осахаривания на 61° Ц, тогда помощью центробежного насоса откачивают из него в дрожжезаторный чан часть затора и для увеличения количества азотистопитательных веществ прибавляют дробленый зеленый солод. На каждые 10 джл картофельного затора прибавляют 6 кг тонко дробленного, зеленого солода, а на 10 джл кукурузного сладкого затора, так как он беднее растворимыми азотистопитательными веществами, добавляют 10 кг дробленного зеленого солода.

Добавление к дрожжевому затору зеленого солода считается необходимым, потому что исследования Г а й д у к а показали, что бродительная способность дрожжей прямо пропорциональна содержанию азотистых веществ в сухом веществе дрожжей, а исследования Л а н г е показали, что количество зимазы в дрожжах также прямо

пропорционально содержанию в них азотистых веществ. Поэтому для получения энергичных, сильных дрожжей необходимо иметь в бродящем дрожжевом заторе избыток растворимых азотистопитательных веществ.

Для этой цели очень хорош зеленый солод, так как он содержит большое количество пептонов и амидов, которые легко растворимы, хорошо диффундируют и очень хороши для питания дрожжей.

В некоторых случаях дают в качестве азотистопитательного вещества для дрожжей дрожжевой автолизат, получаемый при процессе самопожирания дрожжей, при котором энзим дрожжей пептаза разлагает нерастворимые белковые вещества дрожжей, образуя из них легко растворимые пептоны и амиды, вследствие чего из почти твердой массы прессованных дрожжей получается жидкая подвижная масса, которая при сгущении и дает дрожжевой автолизат.

В качестве азотистопитательного вещества для дрожжей может также служить сернокислый аммоний, который с успехом применяется при переработке патоки на спирт, а также и в дрожжевом производстве. При применении его необходимо иметь в виду, что по мере того, как дрожжи израсходуют азот сернокислого аммония, освобождается серная кислота последнего и заметно повышается кислотность бродящего дрожжевого затора.

Как выше уже указано, если дрожжи готовят только для одного отдельного большого затора, то на каждые 1 000 дкл большого затора берут 80 дкл отбема, а при поступлении в один бродильный чан последовательно 3—4 заторов берут 4 % от объема всех суммарных заторов. Если например готовят дрожжевой затор для бродильного чана емкостью в 900 дкл, в который поступает один картофельный затор, то для него следует взять 8 % отъемного сусла, или $\frac{900 \times 8}{100} = 72$ дкл; так как для картофельных заторов берут на 10 дкл затора 6 кг зеленого солода, то последнего следует задать в дрожжевой затор $\frac{72 \times 6}{10} = 42$ кг.

Если завод производит ежедневно 12 хлебных заторов, причем все четыре затора каждой смены сливаются в один общий бродильный чан, емкость в 5000 дкл, то для дрожжевого затора, поступающего в этот бродильный чан, следует взять 4 % отъемного сусла, или $\frac{5000 \times 4}{100} = 200$ дкл и на каждые 10 дкл сусла—10 кг зеленого солода, или всего $\frac{200 \times 10}{10} = 200$ кг зеленого солода.

Чтобы сделать дрожжевой затор подвижным, следует пропустить откачиваемый из заторного чана сладкий затор через сито, которое задержит шелуху и другие грубые примеси. Чтобы получить высокую концентрацию дрожжевого затора (в 19—20° Бал), следует из паровой трубы предварительно спустить всю конденсационную воду до подварки дрожжевого затора, а из заторной трубы выкачать в отдельный ушат находящиеся в нем ополоски и жидкое сусло и качать в дрожжезаторный чан только неразбавленный затор. Вместе с тем необходимо обратить внимание на то, чтобы затор был хорошо подвижен.

Когда накачали сладкий затор в дрожжезаторный чан из заторного чана в указанном объеме, задают в него тонко раздробленный зеленый солод, тщательно размешивают, чтобы не было комьев, закрывают кругом внутри чана и отваривают на 63° Ц. При этой температуре оставляют для осахаривания крахмала зеленого солода на $1\frac{1}{2}$ —2 часа.

Дрожжезаторный чан (рис. 99) должен быть такой величины, чтобы вмещать дрожжевой затор для самого большого бродильного чана; объем чана должен быть на 40% больше объема самого затора.

Что касается конструкции чана, то его делают таким же как и большой заторный чан¹.

Число дрожжевых чанов. Лет 8—10 тому назад приготавливали для каждого затора отдельные дрожжи; при 10 заторах в сутки, которые сливали в 10 отдельных бродильных чанов, устанавливали в дрожжевом отделении при сернокислых односуточных дрожжах 10 дрожжанок для брожения, а при двухсуточных 20 дрожжанок для закисания и брожения и отдельных два дрожжезаторных чана с мешалками и холодильными и паровыми змеевиками для затирания, стерилизации и расхолаживания дрожжевых заторов. По предложению А. А. Фукса, работу в бродильном и дрожжевом отделениях рационализировали, и ныне, обычно, все заторы (3—5) каждой смены сливаются в один общий бродильный чан, для которого готовят отдельные дрожжи. Таким образом, при 3 сменах следует иметь при односуточных сернокислых дрожжах 3 дрожжанки для брожения и одну запасную—итого 4 дрожжанки, а при

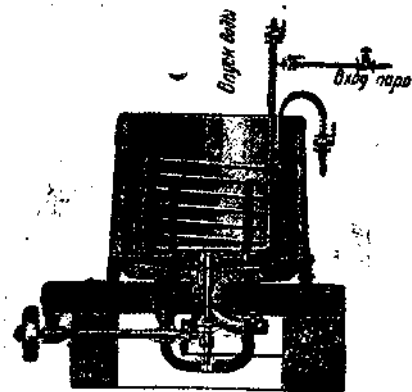


Рис. 99. Дрожжезаторный чан с нижним приводом, холодильником, змеевиком и мешалкой.

двухсуточных молочнокислых—7 дрожжанок и кроме того отдельный дрожжезаторный чан.

При малом числе дрожжевых чанов в настоящее время вместо отдельного заторного чана устанавливают все дрожжевые чаны с мешалками и змеевиками для подогревания и охлаждения содержимого чана, как изображено на рисунке 99, где привод от машины устроен снизу.

Задача антисептиков

Как уже было указано выше, для возможности соблюдения чистоты дрожжей при ведении их в открытых чанах необходимо задать в дрожжевой затор антисептики, которые должны задержать или совершенно

¹ Применение таких механизированных дрожжевых чанов исключает необходимость применения дрожжезаторного чана, так как все операции приготовления дрожжей, в том числе и закисания проводятся в дрожжанке. Число механизированных дрожжанок должно быть равно числу бродильных чанов.

подавить жизнедеятельность вредных для спиртового брожения микроорганизмов, не причиняя вреда дрожжам. Для этой цели применяют молочную кислоту, которую готовят тут же посредством молочнокислого закисания дрожжевого сатора или задают серную кислоту или плавиковую (фтористоводородную) кислоту.

Ведение молочнокислого закисания

Как уже было указано выше в главе III о молочнокислом брожении (см. стр. 35), среди молочнокислых бактерий имеется много диких, которые при разложении сахара образуют кроме молочной кислоты летучие кислоты, вредные для спиртового брожения, и целый ряд других продуктов. Между тем молочнокислые бактерии «бацилла Дельбрюка» разлагают сахар нацело, образуя из него только одну молочную кислоту по формуле:

поэтому на спиртовых заводах в настоящее время применяют для молочнокислого закисания дрожжевого затора бациллу Дельбрюка чистой культуры. Последняя рассылается обычно в склянках, вмещающих 100—200 см³ сула с молочнокислыми бактериями. На дне имеется осадок; последний есть стерильный мел, который задают, чтобы нейтрализовать молочную кислоту, так как избыток ее приостанавливает дальнейшее размножение молочнокислых бактерий.

Наиболее благоприятной температурой для жизнедеятельности молочнокислых бактерий (бацилла Дельбрюка) с л е д у е т считать 50° Ц. При более низких температурах идет также энергичное образование молочной кислоты, но возможно и развитие посторонних вредных микроорганизмов, и потому на практике придерживаются при закисании более высоких температур (50—58° Ц), при которых закисание будет более чистое.

Но молочнокислые дрожжи, чтобы дать хорошие результаты, требуют тщательного внимания и ухода и если дрожжевое отделение холодное и нет теплой намеры, то это не легкая задача.

На практике работу ведут следующим образом: после того как дрожжевой затор хорошо осахарился, охлаждают его до 57°C , задают кислую матку из живых, деятельных молочнокислых бактерий чистой культуры, хорошо разменивают и накрывают чисто вымытой и продезинфицированной крышкой.

Не следует задавать кислую матку до окончания осахаривания дрожжевого затора, так как излишняя кислота вредна для деятельности диастаза; ее следует задавать только по окончании осахаривания и после охлаждения до $57-58^{\circ}\text{C}$, потому что высокие температуры могут подействовать губительно на самую бактерию Дельбрюка.

Процесс закисания направляют так, чтобы закончить его за 23—24 часа для того, чтобы можно было снять кислую матку с молочнокислыми бактериями без расхолаживания и хранения, при котором возможно заражение и порча ее, немедленно задать в сладкий дрожжевой затор, изготовляемый для следующего дня. Для регулирования процесса пользуются следующими средствами: количеством задаваемой кислой матки и температурой. Увеличивая количество кислой матки, ускоряют процесс и наоборот, уменьшая количество матки несколько задерживают процесс. Для 28-часового ведения закисания обыкновенно задают матку в объеме около $\frac{1}{30}-\frac{1}{40}$ объема дрожжевого затора. Что касается температуры, то при низкой температуре ($50-53^{\circ}\text{C}$) процесс ускоряется, а при более высокой ($57-58^{\circ}\text{C}$) он замедляется. Таким регулированием можно достигнуть желаемой степени кислотности.

Обыкновенно сначала стараются ускорить процесс, пока не будет достигнута кислотность в 1° Дельбрюка, т. е. такая кислотность, которая в известной степени защищает кислое тесто от заражения посторонними микроорганизмами (так как задерживает их развитие). Когда это будет достигнуто, несколько понижают скорость закисания, чтобы получить к 23 часам желательное количество кислотности затора.

Для измерения кислотности затора употребляют нормальный раствор едкого натра, т. е. раствор, в 1 л которого находится 40 г (грамм-молекула) химически чистого едкого натра и определяют, сколько кубических сантиметров его потребуется для усреднения кислоты в 20 см³ затора.

Едкий натр поглощает угольную кислоту из окружающего воздуха, быстро портится, и тогда он показывает кислотность больше действительной. Поэтому для определения кислотности заторов и бражек на заводе очень удобно употреблять титровальный аппарат (кислотомер) Дельбрюка (рис. 100), состоящий из склянки с едким натром, в горлышке которой вставлена каучуковая пробка с двумя стеклянными трубочками; одна из них соединена с стеклянной бюреткой с делениями в $\frac{1}{10}$ см³, а другая с каучуковым баллоном, играющим роль меха.

Бюретка сверху над делениями имеет еще боковую трубочку, соединенную с широкой цилиндрической трубкой, укрепленной сбоку склянки. Цилиндрическая трубка наполнена едким натром и сверху имеет открытую трубочку для прохода воздуха. При спуске едкого натра из бюретки, воздух врывается через эту трубочку, проходит через едкий натр,

оставляя в нем влагу и уголекислоту, и вступает в титровальный аппарат уже безвредным для нормального едкого натра.

Изображенный на рис. 101 кислотомер Бухмейера гораздо удобнее кислотомера Дельбрюка. Он компактнее, не имеет длинных и хрупких стеклянных трубочек. Бюретка его снабжена более крупными делениями и фарфоровой шкалой с синей чертой, что дает возможность сделать более точный отчет на ней даже при плохом освещении. При отсутствии специального кислотомера титрование производят из бюретки, укрепленной на штативе или титровальном столе.

Для определения кислотности набирают помощью пипетки в фарфоровую чашку 20 см³ фильтрованного затора; затем помощью резинового баллона накачивают в бюретку едкий натр до черты 0 и спускают его по каплям в фарфоровую чашечку, действуя зажимом.

После каждых 2—3 капель, спущенных в чашку, размешивают стеклянной палочкой и пробуют ею на синей лакмусовой бумаге. Сначала от присутствия кислоты лакмусовая бумага принимает от капли из чашечки красный цвет; затем, по мере прибавления щелочи в чашечку, красный цвет переходит в фиолетовый, и наконец от прибавления одной капли лакмусовая бумага не изменяет первоначального цвета, какой она имеет, когда ее смочат

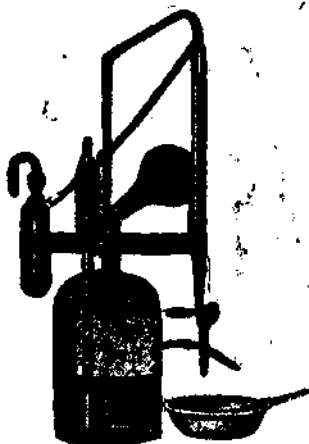


Рис. 100. Кислотомер Дельбрюка.



Рис. 101. Кислотомер Бухмейера.

каплями дистиллированной воды. Титрование считается законченным; отсчитывают, сколько кубических сантиметров нормального едкого натра спустили в чашечку при титровании; число их выразит степень кислотности затора по Дельбрюку (в градусах Дельбрюка).

Кислотность, равная 1° Дельбрюка, соответствует: 0,09 г молочной кислоты, 0,049 г серной кислоты, 0,06 г уксусной кислоты, т. е., чтобы получить кислотность в 1° Дельбрюка, нужно к 20 см³ совершенно нейтральной жидкости прибавить или 0,09 г молочной кислоты, или 0,049 г серной кислоты, или 0,06 г уксусной кислоты.

Если молочнокислое тесто имеет например кислотность 1,5° Дельбрюка, то 20 см³ его содержат $1,5 \times 0,09 = 0,135$ г молочной кислоты, а 100 см³ $\frac{0,135 \times 100}{20} = 0,675$ г = 0,675% молочной кислоты, при условии, что удельный вес затора равен 1.

В сладких картофельных заторах кислотность после задачи дрожжей колеблется в пределах $0,3-0,6^{\circ}$ Дельбрюка, в сладком картофельном заторе без дрожжей, $0,2-0,5^{\circ}$ Дельбрюка, а в хлебных заторах— $0,2-0,3^{\circ}$ Дельбрюка.

При молочнокислом закисании хлебно-картофельных заторов доводят кислотность до $1,8-2,0^{\circ}$ Дельбрюка. Можно держать и более низкую кислотность, но тогда она будет недостаточна для обеспечения чистоты дрожжей; кислотность в $2,5^{\circ}$ Дельбрюка тоже нежелательна, так как ослабляет жизнедеятельность самих дрожжей.

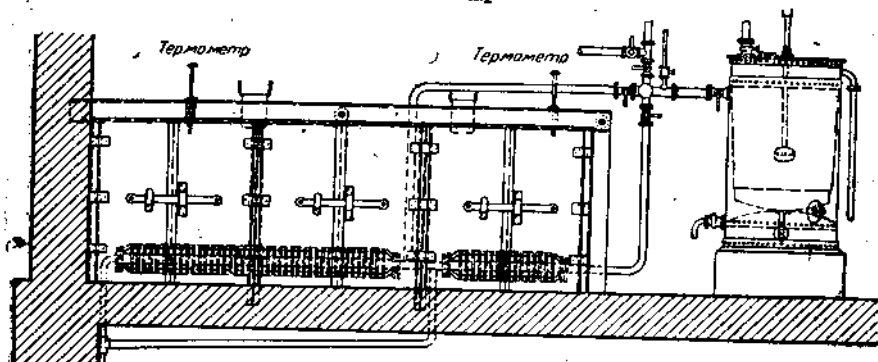


Рис. 102. Теплая камера для молочнокислого закисания (разрез).

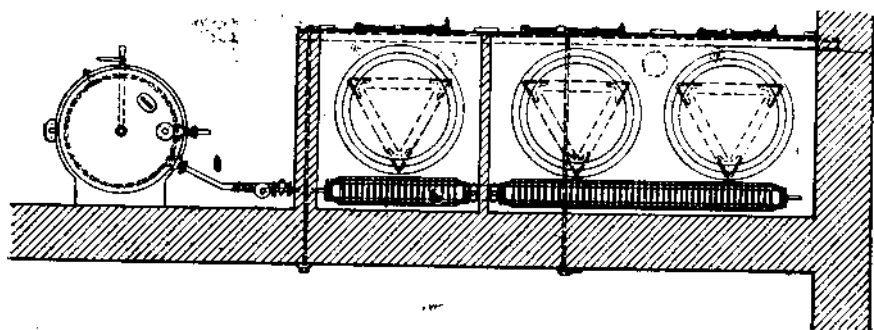


Рис. 103. Теплая камера для молочнокислого закисания (план).

Чтобы получить чистое закисание с образованием одной только молочной кислоты, без летучих кислот, важно, чтобы в кислом тесте при закисании температура была не ниже 50° Ц, чтобы эта температура была одинакова во всех местах чана, и у поверхности, и у боковых стенок, и у дна. Для этой цели иногда устраивают¹ теплые камеры (рис. 102 и 103). Камера для закисания представляет собой деревянный шкаф, с раздвижными дверьми, тесно окружающий все чаны с

¹ Для заводов небольшой мощности, имеющих дрожжевые чаны малых размеров.

закисающими заторами; в шкафу имеются ребристые батареи труб, по которым проходит горячая вода или пар, так что в нем легко поддерживается постоянная температура в 50—55° Ц, а потому в заторе тоже поддерживается все время эта температура. При отсутствии теплой камеры необходимо каждые 2—3 часа размешивать кислый затор и подваривать паром, поддерживая в нем нужную температуру 50—57° Ц. После каждого размешивания и подваривания необходимо тщательно мыть стенки чана водою, а затем паром.

Чтобы легче поддерживать чистоту в чанах с кислым тестом советуют вести закисание в медных чанах, обшитых деревом, с деревянными крышками, обшитыми снизу тонким медным листом.

Можно конечно вести молочнокислое закисание и в железных чанах; весьма полезно обшить их снаружи деревом и устроить в них мешалку и змеевик для подогрева и расхолаживания теста.

Железные чаны также следует после каждого опорожнения дезинфицировать известью.

Стерилизация кислого теста

Когда при помощи молочнокислых бактерий будет достигнута достаточная кислотность дрожжевого затора, необходимо их убить, иначе они перейдут в гнилостный затор и вызовут сильное закисание его. Для этой цели, после того как с созревшего кислого затора сняли кислую матку с молочнокислыми бактериями, подваривают его до 75° Ц, чтобы убить молочнокислые бактерии и другие микроорганизмы, которые могли попасть в затор. Для действительной стерилизации затора оставляют его при температуре 75° Ц на полчаса, после чего начинают его расхолаживать, до 28—30° Ц, благоприятной для задачи дрожжей.

Подкисление дрожжевого затора посредством серной кислоты

Бюхелер первый ввел в практику сернокислые дрожжи. При употреблении сернокислых дрожжей работа в дрожжевом отделении значительно упрощается и состоит в следующем.

Когда дрожжевой затор хорошо осахарился, его отваривают для стерилизации до 70° Ц и через полчаса начинают расхолаживать и при 50—55° Ц, задают в качестве антисептика серную кислоту. Последняя не должна содержать мышьяка, который является сильным ядом для дрожжей.

Серной кислоты дают в таком количестве, чтобы кислотность дрожжевого затора равнялась: картофельного—1,3—1,4° Дельбрюка, хлебного—1,0—1,3° Дельбрюка, из зеленого солода и муки—0,8—0,9° Дельбрюка.

Серной кислоты в 66° Боме приходится задавать приблизительно 15—20 см³ на каждый декалитр дрожжевого затора.

Если крепость серной кислоты будет иная, то нужно иметь в виду, что 1 кг безводной серной кислоты соответствует:

1,04 кг (566 см ³)	продажной серной кислоты	в 66° Боме
1,28 » (749 »)	»	» 60° »
1,43 » (837 »)	»	» 55° »
1,60 » (1045 »)	»	» 50° »

Отмеренное в мерном цилиндре количество серной кислоты выливают понемногу в воду, которой следует взять вдесятеро больше объема кислоты, хорошо размешивают и затем понемногу приливают к дрожжевому затору в то время, когда мешалка хорошо размешивает затор. После задачи кислоты и хорошего размешивания следует определить кислотность затора и если она мала, то нужно добавить кислоты.

Чтобы повысить кислотность 1 дм³ затора на 0,1° Дельбрюка, надо задать 1,5 см³ крепкой серной кислоты в 66° Боме, причем никогда ее не задают столько, чтобы она выделилась в заторе в свободном состоянии. В хлебно-картофельных заторах имеются всегда соли растительных кислот: павелевой, молочной, лимонной и др. При задаче в затор серной кислоты происходит обмен: серная кислота вытесняет органические кислоты, а органические кислоты выделяются в свободном состоянии, и они-то обуславливают кислотность дрожжевого затора. Состав органических кислот в заторах даже одних и тех же сырых материалов непостоянный, а потому и антисептическое действие серной кислоты не всегда одинаковое; иногда оно слишком сильное и вызывает вялость дрожжей, опаздывание их в созревании; иногда оно недостаточное и выражается в том, что повышается нарастание кислотности в дрожжах за время брожения, и тогда необходимо повысить кислотность сернокислых дрожжей. Как мы увидим ниже, большую помощь в данном случае может оказать определение концентрации водородных ионов в кислом заторе.

Ротенбах старался ввести в практику спиртовых заводов вместо серной кислоты соляную кислоту. Последняя более активна, чем серная кислота, и при задаче ее следует держать кислотность дрожжевого затора ниже, например 0,7—0,8° Дельбрюка. Небольшой избыток ее наносит вред не только посторонним микроорганизмам, но и дрожжам, поэтому соляная кислота не нашла широкого применения на спиртовых заводах.

Подкисление дрожжевого затора посредством плавиковой кислоты

Эфрон, работая над вопросом применения плавиковой фтористоводородной кислоты в качестве антисептика, нашел, что можно постепенно приучить дрожжи к большим дозам этой кислоты, которая очень ядовита для посторонних микроорганизмов, и таким путем можно получить очень чистое брожение с хорошим выходом спирта. По его способу фтористоводородную кислоту задают и в дрожжи, и в главный затор, причем в дрожжи задают 10 г на 1 гл, а в затор вдвое меньше, т. е. 5 г.

Дрожжи, приуроченные к известной дозе плавиковой кислоты, чувствительны как к повышению, так и к понижению ее количества, и потому приучение дрожжей к кислоте должно делаться постепенно.

При пользовании плавиковой кислотой необходима более высокая температура для брожения дрожжей; их следует расхоложивать до 26° Ц, дать подняться температуре до 31° Ц и при этой последней температуре поддерживать дрожжи до тех пор, пока они сбродают с 19—20 до 8° Вал. Кислотность в плавиковых дрожжах не высокая и составляет только 0,5—0,6° Дельбрюка, так что они имеют сладкий вкус.

Можно также вместо плавиковой кислоты задать ее соли: фтористый алюминий или фтористый аммоний, причем эти соли можно задавать в значительно большем количестве.

Плавиковая кислота отличается еще тем, что консервирует диастаз, который в присутствии ее долго сохраняет свою осахаривающую способность.

Однако, фтористоводородные дрожжи не нашли широкого распространения в Германии. В СССР нет ни одного завода, который бы работал с применением этой кислоты.

Определение концентрации водородных ионов в заторах спиртовых заводов. Колориметр Вульфа

Большинство наших спиртовых заводов имеют химические лаборатории для контроля производства, микроскопы, поляриметры. Следует считать весьма своевременным, чтобы эти лаборатории производили, кроме обычного определения кислотности в заторах посредством титрования с нормальной щелочью, также определение концентрации водородных ионов посредством определения значения pH (см. часть I, стр. 31).

Для этой цели очень удобен колориметр Вульфа. Определение при его посредстве очень просто и требует только нескольких минут.

Для этого определения употребляют специальные индикаторные бумажки Вульфа, имеющие в длину 35 мм, в ширину 7,5 мм и пропитанные особым индикатором. Цвет бумажки меняется в зависимости от значения pH и устанавливается только через 1—2 мин. Бумажка должна быть совсем чистой, а потому ее не следует брать пальцами, а пинцетом,

Для определения pH наливают испытуемую жидкость в чистую стеклянную чашечку, погружают пинцетом бумажку в жидкость и держат ее 1—2 мин. После этого сравнивают цвет индикаторной бумажки с цветом разноцветной шкалы, имеющейся при колориметре, и находят окраску, близкую по цвету к окраске индикаторной бумажки. На шкале имеется указание, какому значению pH соответствует это окрашивание. Держать бумажку погруженной нужно строго определенное время, так как если бумажка лежит слишком недолго в жидкости, то окраска ее более интенсивна, чем на шкале, и наоборот, если она слишком долго лежит, то цвет ее более светлый, чем окраска на шкале. При колориметре имеются три шкалы: одна в пределах $\text{pH} = 2,6—5,0$, вторая в пределах $\text{pH} = 5,0—7,2$ и третья в пределах $\text{pH} = 7,0—9,0$.

Удобнее делать наблюдения при дневном свете; если приходится делать наблюдения вечером, то производят его при освещении электрической лампой, дающей дневной свет (синее стекло).

Если исследуемая жидкость сильно окрашена или мутная, то индикаторную бумажку (не трогая ее рукой, а только пинцетом) ополаскивают хорошо водой и подсушивают, отжимая ее между несколькими слоями фильтровальной бумаги.

Исследования Денике, Кильна, Дрекса и др. показали, что все процессы спиртового производства зависят в значительной степени от концентрации водородных ионов, почему наряду с определением кислотности заторов посредством титрования щелочью весьма полезно также определять и pH.

Исследования показали, что для сладкого картофельного затора значение рН колеблется в пределах 5,1—5,3, что весьма близко к оптимуму действия диастаза. Для обеспечения хорошего осахаривания необходимо, чтобы затор имел слабую кислотность (в 0,1—0,15° Дельбрюка).

Дрожжевой затор имеет после осахаривания такое же рН, как и сладкий затор; в процессе молочного закисания рН колеблется в пределах 3,7—4,3, а в некоторых случаях доходит до 3,2. Но при такой высокой концентрации водородных ионов дрожжи быстро ослабевают, и это допустимо только как исключение; вообще рН дрожжей должно быть не ниже 3,6.

Следует заметить, что увеличение концентрации водородных ионов в картофельных и хлебных заторах не отзывается сразу пагубно на исходе процесса, потому что затор обладает буферностью. В повышении буферности или сопротивляемости затора большую роль играет солод.

Денике и Кильп из своих опытов заключают, что рН в кукурузных заторах меньше, чем в картофельных заторах. При начальных рН в кукурузных заторах 4,6—5,3 (0,1—0,15° Дельбрюка), а в картофельных 5—5,5 брожение заканчивается на 20 час. раньше и дает больший выход спирта, чем в заторах с повышенной кислотностью и меньшим значением рН.

Денике дает следующие данные для величины рН в различных положениях процесса спиртового производства (табл. 12).

Таблица 12

Величина рН в различных стадиях процесса спиртового производства

Положение процесса	Молочнокислые дрожжи			Сернокислые дрожжи		
	Максимум	Минимум	Среднее	Максимум	Минимум	Среднее
Осахаренный затор	4,9	5,7	5,4	5,1	5,5	5,3
Кислое дрожжевое тесто	3,7	4,2	4,0	3,3	4,1	3,7
Зрелые дрожжи	3,7	4,1	3,9	3,1	4,1	3,5
Дображивающий затор	4,1	4,9	4,6	3,9	4,9	4,4
Зрелая бражка	4,1	4,9	4,4	3,9	4,8	4,3
Барда	4,1	4,9	4,4	4,1	4,4	4,3

При перемене сырых материалов следует проверять величину рН, чтобы выяснить, на сколько она отстает от приведенных здесь средних величин. Это дает во многих случаях полезные указания для правильного руководства производством.

Расхолаживание кислого дрожжевого затора

Расхолаживание кислого дрожжевого затора до температуры, благоприятной для задачи маточных дрожжей, следует производить быстро, чтобы как можно меньше времени затор оставался при температурах, благоприятных для маслянокислого и уксуснокислого брожения. Важно

быстро расхолодить и задать дрожжи, которые будут защищать затор и не дадут размножаться посторонним микроорганизмам. Расхоложивание производится при сернокислых дрожжах в том же дрожжезаторном чану, в котором производится затирание.

Чтобы сделать дрожжевой затор не спеша, аккуратно и иметь возможность осахаривать его $1\frac{1}{2}$ —2 часа, изготовляют двойной дрожжевой затор, сразу для двух заторов и разливают его на 2 дрожжанки для брожения. При этом, чтобы один поспел раньше, а другой позже для задачи в большой затор, расхоложивают одну половину на более высокую температуру (18°C), а другую на более низкую (например 17°C).

Если чаны, в которых производится молочнокислое закисание дрожжевого затора, не имеют мешалки и холодильного приспособления для расхоложивания, перекачивают закисший затор в дрожжевой чан, в котором производят стерилизацию и расхоложивание затора и задачу дрожжей. При этом необходимо хорошо промывать весь трубопровод и насос после каждого затора.

Температура расхоложивания Дрожжевого затора после задачи дрожжевой матки и величина последней

Дрожжи, которые задают в дрожжевой затор, служат началом, «матерью» для всех дрожжей, вызывающих процесс спиртового брожения на спиртовом заводе, и потому их называют: «маточные дрожжи», «дрожжевая матка» или задаточные дрожжи.

Задавая дрожжи и сбраживая дрожжевой затор, стремятся главным образом к тому, чтобы размножить дрожжи, получить большое количество дрожжей для сбраживания сахара в большом главном заторе и вместе с тем получить дрожжи высокого качества, т. е. дрожжи сильные, способные быстро сбраживать сахар в концентрированных заторах (в 19 — 20°C Бал), чистые, незараженные посторонними микроорганизмами и стойкие в борьбе с последними.

Для достижения этого прежде всего необходимо, чтобы исходные дрожжи, дрожжевая матка, были высокого качества. Обыкновенные прессованные дрожжи можно взять для этого только в крайнем случае; эти дрожжи большей частью заражены дикими дрожжами и вовсе не приспособлены к требованиям спиртовых заводов. При работе в дрожжевом отделении завода по всем правилам ведения «естественной чистой культуры» эти дрожжи могут приспособиться и давать затем хорошие результаты, но это потребует значительного времени. Лучше всего завести с самого начала дрожжевую матку из дрожжей чистой культуры для хлебно-картофельных заторов расы II или XII, или XV.

Что касается того, до какой температуры следует расхолодить дрожжевой затор после задачи дрожжей или, как говорят в заводской практике, какую сделать «температуру складки дрожжей», то при этом необходимо иметь в виду следующих два обстоятельства: избрать температуру, дающую возможность поспеть дрожжам во время и вместе с тем благоприятную для получения сильных и чистых дрожжей.

Исследования Педерсена показали, что размножение дрожжей проходит наиболее оживленно при 28 — 30°C , а

при 37° Ц оно совсем приостанавливается. Но температура 28 — 30° Ц хороша и для развития других, посторонних микроорганизмов, и поэтому избирают более низкую температуру складки в 16°—17° Ц, при которой дрожжи, размножаясь, дают крепкие, сильные дрожжевые клетки и которая совсем неблагоприятна для развития посторонних микроорганизмов. Эта низкая температура складки дрожжей вместе с тем удобна и тем, что при ней дрожжевой затор с концентрацией в 19—20° Бал созревает за 22—23 часа, так что можно из созревших дрожжей снять матку и без расхолаживания непосредственно задать ее в дрожжевой затор для следующего дня.

Если была например сделана складка дрожжей при 17° Ц и они слишком рано созрели, то следует в следующий раз понизить температуру складки до 16° Ц, и наоборот, если дрожжи опаздывают к сроку задачи матки, следует повысить температуру складки.

Такую же роль играет и количество маточных дрожжей. Обычно задают последние в количестве $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{5}$ объема дрожжевого затора. Если дрожжи опаздывают, следует увеличить количество дрожжевой матки, а если созревают рано, следует понизить количество матки. Большое количество маточных дрожжей задают с самого начала с целью, чтобы дрожжи защищали дрожжевой затор от размножения в нем посторонних микроорганизмов, причем имеют в виду и другую цель. Дрожжевая матка содержит около 70% спирта и задавая объемистую матку, тем самым задают в дрожжевой затор спирт, который очень ядовит для многих посторонних микроорганизмов и задерживает их развитие.

Необходимо иметь в виду, что процесс спиртового брожения в сернокислых дрожжах проходит более туго, чем в молочнокислых, и потому при сернокислых дрожжах делают обычно более высокую температуру складки, чем выше указано, а именно 17—18° Ц.

Созревание дрожжей и снятие матки

После задачи дрожжевой матки дрожжи начинают размножаться. Это размножение можно наблюдать под микроскопом; при этом видно много почкующихся дрожжей, образующих семьи в 2—4 и больше клеток. Когда в дрожжах образуется запас в 50% спирта, т. е. когда дрожжи сбродят на 10° Бал и баллинг их понизится от 19 до 9°, почкование прекращается; дрожжи больше не образуют колоний, а стоят в одиночку.

Продувание воздуха хотя и содействует более усиленному размножению дрожжей, однако его не рекомендуют при хлебно-картофельных дрожжах. Продувание воздуха может оказать содействие развитию диких дрожжей. Заводские культурные дрожжи так хорошо размножаются в питательном дрожжевом заторе, что они не нуждаются в продувании воздуха. Затем важно не столь количество дрожжей, как качество их; дрожжи, размножавшиеся без продувания, будут сильнее, энергичнее, богаче зимазой и чище, чем дрожжи, полученные при продувании воздуха.

После прекращения почкования и размножения дрожжей идет дальнейшее созревание их. Дрожжи почкующиеся считаются молодыми и менее стойкими. К снятию матки годны только дрожжи хорошо созревшие,

совершенно закончившие почкование. Желательно, чтобы в дрожжах к моменту снятия матки было 7—8¹/₀ спирта. После задачи матки в них уже имеется около 1¹/₀ спирта; если они сбродят, примерно от 19 до 5° Бал, то прибавляется еще 7¹/₀ спирта¹, и тогда они и будут иметь около 8¹/₀ спирта.

Молочнокислым дрожжам дают сбродить обычно до 4—5° Бал; сернокислым дрожжам дают сбродить меньше, приблизительно до 5—6,5° Бал.

Если дрожжи отбродили мало, примерно от 19 до 8°—8,5° Бал, то они являются молодыми и имеют склонность к пенистому брожению; наоборот, если дрожжам дать несколько раз очень сильно выбродить, примерно до 3—3,5° Бал, то они делаются вялыми, хуже отраживают и поздно поспевают. Если дать им несколько раз сбродить до 5—6° Бал, они снова становятся более энергичными.

Аналогичную роль играет и количество матки. Большая matka, в $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ объема дрожжевого затора, делает дрожжи более вялыми; малая matka, в $\frac{1}{10}$ объема, делает их более молодыми, энергичными.

Если дрожжи имеют при складке высокую концентрацию в 19—20° Бал, то они будут зрелыми и через 19—20 час., когда они отбродят до 5—5,5° Бал, и через 23—25 часов, когда их баллинг понизится до 4° Бал т. е. такие дрожжи могут постоять без порчи 4—5 час. Но нельзя дрожжам дать стоять после их зрелости 8—10 час., как это делают некоторые технорук спиртовых заводов, так как это несомненно вызовет порчу дрожжей. Чтобы избежать этого, следует готовить для каждой смены отдельные дрожжи.

Что касается температуры в дрожжевом заторе во время его брожения, то она не должна быть выше 28—30° Ц; более высокая температура ослабляет зимазу и содействует развитию уксуснокислых бактерий: в случае повышения температуры до этого предела следует дрожжи подходить, пустив воду на змеевик. Если последний вставной, необходимо его предварительно вымыть известковым молоком и обмыть горячей водой.

Дрожжи очень чувствительны к резким переменам температуры, и потому при расхолаживании следует понизить сразу температуру не более как на 3° Ц.

Избегание мертвых пунктов при ведении заводских дрожжей

Сравнительно недавно еще технорук спиртовых заводов вели производство дрожжей нерационально; они задавали такое количество маточных дрожжей и делали такую температуру их складки, что дрожжи созревали для снятия матки уже через 14—16 час. Так как затор, в который должны были поступить маточные дрожжи, должен был быть готов для задачи дрожжей еще только через 7—8 час., то обычно маточные дрожжи расхолаживали до 15—17° Ц и оставляли при этой температуре стоять в покое до момента задачи их в дрожжевой затор.

¹ Каждые сброженные 2° Бал дают в дрожжах приблизительно 1% спирта.

При отбродке от 19, до 5° Бал, т. е. на 14° Бал, должно быть $\frac{14}{2} = 7\%$ объем. спирта.

Точно так же поступали с маткой молочнокислых бактерий. Если кислое тесто достигало нужной кислотности за 6—7 час. до задачи дрожжевой матки, его расхоложивали так же, как и кислую матку и при пониженной температуре оставляли их стоять в течение 6—7 час.

Такое расхоложивание дрожжевого затора и оставление его в покое при низкой температуре называют «мертвым пунктом», которого следует избегать с точки зрения теории «естественной чистой культуры Дельбрюка», по методике которой ведут в настоящее время работу в дрожжевом отделе спиртовых заводов.

По Дельбрюку необходимо так вести работу в дрожжевом отделении, чтобы дрожжевой затор все время находился при температуре, наиболее благоприятной для того микроорганизма, который в нем в данное время культивируется. Дрожжи должны находиться при благоприятной для них температуре 22—30° Ц; молочнокислые бактерии Дельбрюка—при температуре 50 — 55° Ц. При этих, благоприятных для них температурах микроорганизмы стойко защищают затор от посторонних микроорганизмов, препятствуя их размножению, и создают возможность получать чистое брожение даже в открытых чанах. Наоборот, оставление дрожжевого затора в открытых чанах на некоторое время без защищающих его культурных микроорганизмов или оставление его расхоложенным при температуре, мало благоприятной для этих микроорганизмов, содействует развитию в заторе нежелательных посторонних микроорганизмов, а потому этой мертвой точки в работе дрожжевого отделения следует всеми силами избегать. Регулируя количество задаваемой матки, температуру складки затора и температуру самого брожения, следует направлять процессы, как уже выше было указано, так, чтобы задача дрожжевой матки или матки молочнокислых бактерий производилась непосредственно из одного чана в другой, без предварительного расхоложивания как самого затора, так и матки для него.

Подмолаживание дрожжей

Раньше, когда готовили жидкие дрожжевые заторы с концентрацией в 14 — 15° Бал, считали обязательно необходимым после снятия матки залить в бродящие дрожжи свежее сладкое сусло из главного затора, чтобы дополнительным питанием вызвать оживленное брожение дрожжей. Такая задача части сладкого или кислого, еще несбродившего затора называлась «подмолаживание затора», очевидно потому, что предполагалось, что при этом содержание спирта в дрожжах ниже 5% и в дрожжах начнется вновь почкование и образование новых молодых дрожжевых клеток.

Такое подмолаживание дрожжей практикуется и ныне в спиртовом производстве из мелассы, так как последняя содержит большое количество сахара и вследствие этого размножение дрожжей в мелассовых заторах можно успешно сделать только постепенно. В хлебно-картофельных же заторах сахара мало, питательных веществ для дрожжей много, и потому размножение дрожжей проходит сразу успешно и нет надобности прибегать к подмолаживанию их. Наоборот, добавление сладкого затора только понизит в дрожжах их кислотность и процентное содержание

в них спирта и делает их менее стойкими в борьбе с посторонними микроорганизмами.

При снятии матки в дрожжах имеется уже около 8—9% спирта, и подмолаживание их не может понизить в них содержание спирта ниже 5%; чтобы началось вновь почкование дрожжей. Поэтому в настоящее время избегают производить подмолаживание хлебно-картофельных дрожжей и производят такое только в редких случаях, когда имеется опасение, что дрожжи, вследствие случайного запоздания их спуска в большой затор, могут иметь недостаток питания, что несомненно вредно. Тогда лучше задать небольшое количество свежего кислого затора, и только в случае отсутствия последнего можно задать сладкий затор.

Признаки для суждения о качестве дрожжей

К зрелым дрожжам, поступающим в большой затор, предъявляют два требования: чтобы они были достаточно энергичными, чтобы за двое-трое суток брожения в чану они сбродили почти до конца весь сахар в концентрированном заторе в 19—20° Бал и чтобы в них не было посторонних микроорганизмов. Если последние развились в большом количестве в дрожжевом заторе, где сильным препятствием этому служит большое количество антисептиков, то тем более могут эти посторонние микроорганизмы размножиться и нанести вред успешному сбраживанию сахара и декстринов в большом заторе, в котором нет антисептиков.

Для суждения о качестве зрелых дрожжей служат следующие средства:

- 1) исследование дрожжей под микроскопом;
- 2) определение концентрации дрожжевого затора (Баллинга);
- 3) определение нарастания кислотности в дрожжах за время брожения и определение в них концентрации водородных ионов (рН).

Исследование дрожжей под микроскопом

Раньше у нас на спиртовых заводах почти не было микроскопов; в настоящее время на многих спиртовых заводах они имеются, и техники химики делают очень крупную ошибку тем, что редко заглядывают в микроскоп. Они должны ежедневно наблюдать дрожжи под микроскопом, приучать свой глаз к быстрому анализу качества дрожжей по виду их под микроскопом.

Прежде всего изучаем сами дрожжи. Они должны быть к моменту снятия матки зрелыми, т. е. они уже не должны почковаться, или таких почкующихся клеток должно быть мало, не более 10—15%; клеточки должны быть расположены или в одиночку или по двое. Строение их должно быть слабо зернистое; большинство клеток должно содержать от одной до двух небольших вакуолей. Если увеличивается число клеток без вакуолей, то это показывает, что дрожжи молодые, если, наоборот, имеется много дрожжевых клеток с 3 вакуолями, то это служит показателем, что дрожжи перезрели. При окрашивании дрожжей иодом мы должны на желтом фоне протоплазмы дрожжевой клеточки увидеть краснобурные пятнышки гликогена, что служит показателем, что дрожжи имели достаточно питания для откладывания запаса в виде гликогена. Оболочка

дрожжевой клетки должна быть тонкой и не должна выделяться и отделяться от протоплазмы, как это бывает в сухих клетках, которых должно быть немного. Мертвых клеток, которые окрашиваются от капли метиленовой сини, впущенной под покровное стеклышко, в голубой цвет, должно быть как можно меньше, не больше 2—4%.

Изучивши физиологические состояния дрожжей, исследуют затем степень инфекции дрожжей, т. е. степень зараженности их посторонними микроорганизмами. Прежде всего определяют, нет ли диких дрожжей. Как указано раньше (стр. 14), культурные дрожжи спиртовых заводов расы II, XII, XV и др. отличаются от диких дрожжей (торула, эксигунс, пленчатые и др.) по величине своей, по форме, по величине образуемых группировок. Наблюдая каждый день культурные дрожжи под микроскопом и приучив к ним глаз, можно легко заметить присутствие заразы в виде диких дрожжей.

Что касается бактерий в виде палочек (кокков, диплококков, педиококков, стрептококков, сарцин и пр.), то их должно быть в дрожжах как можно меньше. Наблюдая дрожжи под микроскопом в те дни, когда они чисты, когда посторонних микроорганизмов в них ничтожно мало, когда производство идет очень хорошо, можно легко заметить появление большого количества посторонних микроорганизмов в случае, если произошла инфекция. Особенно часто встречается заражение дрожжей дикими молочнокислыми бактериями, имеющими вид то коротких, то более длинных палочек (см. стр. 37.) и маслянокислыми бактериями. Последние легко узнаются, так как они отличаются подвижностью, часто имеют споры, имеют форму то веретенообразные, то барабанной палочки и окрашиваются иодом в голубой цвет.

Определение баллинга

После задачи дрожжевой матки и во время снятия матки следует обязательно определять концентрацию дрожжевого затора, или баллинг его, а также кислотность его.

Когда дрожжи хороши и энергичны, они нормально, при одной и той же температуре складки образивают от первоначального баллинга (19—20°) до 5° Бал. Если же дрожжи при той же самой температуре складки, при том же количестве дрожжевой матки и при тех же температурах брожения отбродили только до 6,5—7° Бал и это явление не случайное, но повторилось и на второй день, то это служит показателем слабости дрожжей. Такая слабость дрожжей могла быть вызвана либо тем, что во время брожения дрожжей была высокая температура (32—34° Ц), которая ослабила зимазу дрожжей, либо тем, что дрожжам давали несколько дней слишком сильно сбраживать, до 3—4° Бал, или же потому, что в дрожжах появилась сильная инфекция. Если инфекции нет, то можно дать дрожжам сбраживать меньше в течение нескольких дней (до 6—6,5° Бал), и возможно, что энергия дрожжей поднимется. Если же этого не будет, то следует завести новую дрожжевую матку.

Необходимо иметь в виду, что степень сбраживания в значительной степени зависит от температуры складки. Поэтому очень важно проверить термометр дрожжевого отделения и тщательно проверять температуру

складки. Снижение последней на 1° обычно вызывает опаздывание в созревании дрожжей и повышение баллинга отбродивших дрожжей.

Определение нарастания кислотности в дрожжах

Если в дрожжах нет заражения посторонними микроорганизмами, если дрожжи чистые, то за время 22—23 час. брожения кислотность в них совершенно не увеличивается или нарастает только на $0,05 - 0,10^{\circ}$ Дельбрюка. Если же в дрожжах кислотность за время 22—23 час. брожения выросла на $0,2^{\circ}$ Дельбрюка и выше, то это служит показателем того, что дрожжи заражены посторонними, вредными для брожения микроорганизмами, и эти дрожжи необходимо либо очистить, либо заменить новыми.

Важно также определить концентрацию водородных ионов, о чем указано выше (см. стр. 61).

Очистка дрожжевой матки

Если дрожжи заражены, то, чтобы быть уверенным в хорошем ходе производства, лучше всего переменить дрожжи, завести новую матку из дрожжей чистой культуры. В случаях, когда это трудно выполнить, следует очистить дрожжи. Последнее делается таким образом, что в снятую дрожжевую матку задают, при сильном размешивании, на каждый декалитр дрожжей 20 см^3 серной кислоты в 66° Боме и дают дрожжам стоять с этим повышенным количеством кислоты $1\frac{1}{2}$ часа. Это повышенное количество антисептика дрожжам повредить не может, но действует губительно на посторонние микроорганизмы и очищает от них дрожжи. После этого дрожжевую матку задают в расколотый дрожжевой затор и производят при этом температуру складки дрожжей на 1° Ц выше обычной.

К ж е р м е ц к и й и Ц б и е в с к и й рекомендуют для очистки дрожжей кроме обычной серной кислоты задать продажного 40% -ного формалина 30 см^3 на каждый гектолитр дрожжей, т. е. $0,03\%$ продажного, или $0,012\%$ химически чистого формалина.

Они предложили для обеспечения чистоты брожения пользоваться постоянно формалином следующим образом. В солодовое молоко задают формалина из расчета $0,2\%$ по объему, т. е. 20 см^3 формалина на каждый декалитр солодового молока, и дают 2 часа стоять для воздействия формалина на бактерии; три четверти этого солодового молока поступает в большой затор, одна четверть — на дрожжевой затор, с расчетом, чтобы общее количество формалина, поступившее в затор, вместе с дрожжами составляло бы не более $0,02\%$.

Соблюдения чистоты на заводе как основа хорошего выхода спирта

В настоящее время на всех наших спиртовых заводах ведут работу ускоренным темпом; все работы ведут по расписанию, дорожат каждой минутой, чтобы успеть сделать назначенное по программе число заторов. Иногда бывает опоздание и необходимо его нагнать. В таком случае тех-

норук завода должен помнить, что для выигрыша времени можно сократить время загрузки сырых материалов в запарник Генце, длительность выдувания затора, время осахаривания, продолжительность выкачки его в бродильный чан, но ни в каком случае нельзя разрешить выигрывать время за счет соблюдения чистоты в чанах и в трубопроводах. Эту работу следует производить с большой точностью, ежедневно и без всяких отступлений, так как несоблюдение правил чистоты на заводе обыкновенно приводит к большому закисанию в бродильных чанах, к потере большого количества крахмала в виде несброженных сахаров и декстринов и к понижению выхода спирта, нередко на 10—20%. Отказавшись от основательной мойки чанов, труб, оборудования и заменив их только поверхностным ополаскиванием, технорук действительно успеет может быть вместо 11 сделать за сутки 12 заторов, но можно с уверенностью сказать, что если он будет строго соблюдать правила чистоты, то выход спирта из 11 заторов у него будет больше, чем из сделанных им 12 заторов без соблюдения основных правил чистоты.

В чем же состоят правила чистоты?

1. Заторный чан должен тщательно обмываться холодной водой после каждого затора, причем следует удалить из него абсолютно все частицы затора, которые прилипли или присохли.

Раз в сутки следует набрать в заторный чан горячей воды на $\frac{1}{3}$ его емкости и тщательно обмыть крышку, стенки, змеевики, днище, чтобы нигде, ни в одном углу его не оставались видимые невооруженным глазом частицы затора. Неоднократный опыт показал, что застывшие студенистые части затора, застрявшие либо в эксгаусторной трубе, либо на крышке, либо на змеевиках заторного чана, часто служили причиной весьма крупного падения выхода спирта, и потому такая ежедневная мойка заторного чана горячей водой должна быть обязательной.

2. Солододробилка и ящики при ней должны тщательно обмываться холодной водой после каждой остановки дробилки, но ежедневно раз в сутки дробилка, ножи при ней, ящики должны основательно обмываться щеткой и горячей водой так, чтобы нигде не оставались частицы солода, видимые простым глазом. Точно также следует ежедневно мыть известковым молоком и горячей водой чан для солодового молока.

3. Дрожжевые и бродильные чаны отнюдь нельзя мыть одним ополаскиванием холодной водой из шланга, как это делается на некоторых заводах. В деревянных чанах имеются щели, в которых поселяются колонии вредных микроорганизмов; последние служат очагом заразы и вызывают сильное падение выхода спирта. Необходимо каждый раз после опорожнения бродильного чана тщательно обмывать его. Для этого сначала ополаскивают его сильной струей холодной воды, чтобы механически удалить все видимые простым глазом твердые частицы затора; затем приготавливают свежее густое известковое молоко и смазывают им всю внутреннюю поверхность чана, находящийся в нем змеевик и трубы и все крышки на нем. Через 20—30 мин., когда известь хорошо подействовала, ее смы-

вают холодной водой и затем тщательно обмывают щеткой и горячей водой абсолютно всю смазанную поверхность; для тщательности лучше всего мыть каждую клетку снизу доверху щеткой 4—5 раз. Небрежность здесь недопустима; мойка чана является важным и нужным делом.

После мойки щеткой чан снова очень тщательно ополаскивают холодной водой.

Если в бродильном чану за время брожения появляется нарастание кислотности более $0,2^{\circ}$ Дельбрюка, то следует вместо обыкновенной извести вымазать чан хлорной известью и пропарить его. Последнее следует сделать так, чтобы пар успел проникнуть во все ямочки и щели и имел бы время подействовать своей высокой температурой на застрявшие микроорганизмы. Для этой цели вставляют в пропариваемый чан термометр и после того, как он показал температуру $90-95^{\circ}\text{C}$, поддерживают эту температуру еще 30 мин.

Железный чан следует также после ополаскивания вымазать известью и через 20 мин. хорошо ополоснуть и затем пропарить. Для этой цели выпускают воздух из воздушного краника, находящегося в самом верху, до тех пор, пока пойдет через него пар, и доведя давление до $1-1\frac{1}{2}$ атм. держат это давление 20 мин. Затем, спустивши давление пара через воздушный кран, оставляют последний открытым, чтобы, при понижении температуры в чану, в нем не образовалось разрежение, так как были случаи, что при таком разрежении происходило смятие или вдавливание боковых стенок и крышки чана.

Если внутренние боковые стенки дрожжанки были забрызганы во время брожения, то следует, как только главное брожение закончится, хорошо замывать стенки чистой рукой, не давая набрызганной жидкости присыхать.

4. Стены, пол, потолок, лестницы, площадки, канавы, наружная поверхность чанов не должны иметь ни плесени, ни слизи; последние должны быть изгнаны из пределов завода, как явные показатели скопления вредных микроорганизмов. С ними нужно бороться постоянно, ежедневно посредством щетки с горячей водой, извести и хлорной извести, для чего на заводе должны быть специальные рабочие—уборщики.

5. Мойка труб и насосов для затора должна производиться ежедневно и весьма продуманно.

Прежде всего необходимо позаботиться, чтобы трубы были устроены целесообразно, чтобы при мойке их и после мойки вся жидкость из них целиком сбегала. Для этой цели трубы должны иметь вид прямой линии без изгибов и впадин (в которых могут застревать кусочки затора). Труба должна иметь сильный уклон в одну сторону, чтобы из нее быстро сбегала по направлению к спускному крану остающаяся в ней жидкость; при загибах не должно быть крутого прямого угла, в котором тоже могут задержаться кусочки затора; загиб должен идти по плавной круговой линии.

На рис. 104 показано, как не следует устраивать трубы, перекачивающие затор в бродильной чан и дрожжевое отделение, а на рис. 105—как именно должен быть устроен трубопровод.

После каждой перекачки следует трубу опорожнить и промыть сильной струей холодной воды, которая должна заполнить все поперечное

сечение трубы и вынести механически все кусочки затора. Раз в сутки следует обязательно прокатать все трубы и насосы кипятком. Хорошо по временам заливать все трубы и насосы раствором извести и дать последнему постоять 2—3 часа, чтобы он подействовал.

Еще лучше хорошо промытые трубы пропарить паром, но так, чтобы в трубе было давление в 1,5 атм. Для этого следует трубопровод на концах закрыть, выпустить через воздушный краник, помещенный на высшей точке, воздух и пускать пар до давления в 0,5 атм. (или температуры 111°C), каковое поддерживать 20 мин.

При остановке завода по окончании производства следует самым тщательным образом обмыть все чаны, трубы, аппараты, продезинфицировать, пропарить, потому что остатки бражки и затора могут крепко при-

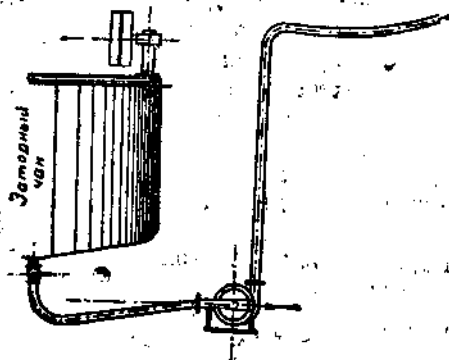


Рис. 104. Неправильное устройство заторного трубопровода.

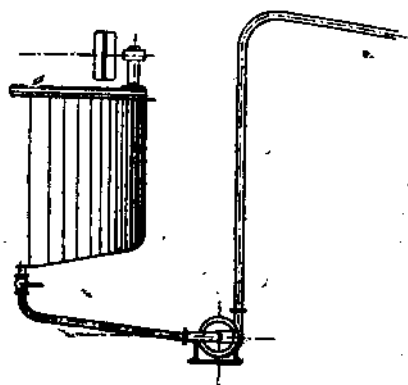


Рис. 105. Правильное устройство заторного трубопровода.

сохнуть, засесть в щелях; удалить их оттуда будет нелегко, и, как показал опыт, они могут служить долгое время причиной плохого производства.

Следует помнить, что правила чистоты необходимо строго соблюдать, иначе выход спирта может понизиться на 10—20%.

Устройство дрожжевого отделения

Дрожжевое отделение должно быть просторное, светлое, чтобы можно было заглянуть во все уголки его и чтобы не было в нем темных углов, где могли бы незаметно поселиться плесень, слизь, служа очагом заразы. Оно должно быть снабжено двойными окнами, чтобы не было резкой разницы в температуре в разных местах помещения. Пол должен быть гладкий, без ямок, с сильным уклоном по направлению к канаве, чтобы грязь на нем не задерживалась. Стены на расстоянии $1\frac{1}{2}$ —2 м от пола должны быть либо окрашены масляной краской, либо вымазаны смесью газовой и асфальтовой смолы, чтобы их возможно было чаще мыть. Верхнюю часть стен и потолок, если их нельзя мыть, необходимо почаще белил хлорной известью.

ВОПРОСЫ

1. Чем отличается метод ведения брожения по способу чистой культуры от способа «естественной чистой культуры»?
 2. Почему нельзя возбуждать брожение в хлебно-картофельных заторах простым переливом части сильно бродящего затора в свежий сладкий затор?
 3. Какими средствами достигают при ведении отдельных хлебно-картофельных дрожжей в открытых дрожжанках того, что дрожжи остаются в течение 2—3 мес. чистыми, несмотря на возможность заражения посторонними вредными микроорганизмами из воздуха и от вelenого солода?
 4. На какие операции распадается приготовление дрожжей для хлебно-картофельного производства?
 5. Как велик должен быть по емкости дрожжевой затор при хлебно-картофельном производстве при поступлении дрожжей в бродильный чан одинарной тройной или четверной емкости?
 6. Из каких материалов готовят первые дрожжи и в каком количестве следует брать материалы на затор емкостью в 1000 дм³? Как готовить сернокислые и молочнокислые дрожжи? Как готовить отъемные дрожжи? Сколько вelenого солода следует брать на каждые 10 дм³ отъемного сусла, картофельного и кукурузного? Какой величины должен быть дрожжезаторный чан?
 7. Как вести молочнокислое закисание? Как регулировать температуру и количество кислой матки, чтобы достигнуть за 22—23 часа желательной степени кислотности? Чем отличается кислотомет Бухмейера от кислотометра Дельбрюка? Какому количеству молочной или серной кислоты соответствует 1° Дельбрюка? Какой кислотности должно быть хлебно-картофельное молочнокислое тесто? Как устроена теплая камера? Для чего и как производится стерилизация кислого теста?
 8. Как производится подкисление дрожжевого затора серной кислотой? Какова должна быть кислотность сернокислых дрожжей—картофельных, хлебных и из муки и вelenого солода? Как производится подкисление посредством плавиковой кислоты?
 9. Как устроен колориметр Вульфа для определения pH? Как производится это определение? Каково нормальное значение pH: в сладком дрожжевом заторе, в молочно-кислом, в сернокислом? Какое значение pH допустимо только в редких случаях? При каком pH брожение заканчивается на 20 час. раньше?
 10. Как производится расхлаживание дрожжевого затора? До какой температуры расхлаживают дрожжевой затор до и после задачи дрожжей? Какой величины должна быть дрожжевая матка? Что называют мертвой точкой в ведении дрожжей? Почему следует избегать мертвых точек?
 11. Что называют подмолаживанием дрожжей? Следует ли ежедневно производить подмолаживание дрожжей? По каким признакам судят о качестве дрожжей? Можно ли отличить дрожжи молодые, зрелые, дряхлые и мертвые под микроскопом? Что дает определение баллинга и кислотности в зрелых дрожжах?
 12. Как произвести очистку маточных дрожжей? Посредством серной кислоты? Посредством формалина?
 13. В чем состоят правила чистоты на спиртовом заводе? Мойка и очистка солододробилки, заторных, дрожжевых, бродильных чанов, труб, насосов? Как должен быть устроен трубопровод для заторов, чтобы возможно было хорошо выполнить очистку его? Как должно быть устроено дрожжевое отделение?
-

ГЛАВА X

Ведение брожения в заторах

ТРИ ПЕРИОДА БРОЖЕНИЯ

После выкачки главного затора в бродильной чан в нем сначала мало заметно движение массы; хотя углекислый газ и выделяется, но он поглощается самым затором, и только тогда, когда последний насытится им, начинается выделение газа в виде пузырьков. Поверхность жидкости покрывается пеной, и уровень бродящего затора в чану все повышается вследствие вспучивания под действием выделяющегося углекислого газа. Такой подъем бродящей заторной массы бывает различной величины и зависит прежде всего от вязкости затора. Наименьший подъем в 3% от высоты столба жидкости дают жидкие паточные заторы; несколько выше поднимаются кукурузные заторы, давая во время брожения подъем около 4% высоты; значительно выше поднимаются во время брожения картофельные, ячменные и еще более густые, клейкие ржаные заторы, подъем которых доходит до 12—13% высоты жидкости. Вследствие такого вспучивания заторной массы во время брожения необходимо при заливке чана оставлять в чану достаточно не полноты на подъем бражки, иначе бродящий затор перельется через край и возможна крупная потеря затора.

Первый период брожения, когда подъем температуры идет медленным темпом и выделение углекислоты слабое, называется «**в о з б р а ж и в а н и е**».

Затем температура в бродящем заторе начинает быстро подниматься, усиливается выделение углекислоты, что приводит затор в движение, которое становится все оживленнее. Этот период сильного, бурного брожения, который длится приблизительно 20—24 часа, называется «**главное брожение**». Когда окончится главное брожение, начинается тихое брожение, которое называется «**д о б р а ж и в а н и е**». При этом уровень жидкости в чану падает и в нем образуется большая неполнота; углекислота выделяется чем дальше, тем все слабее.

Возбраживание

В течение этого первого периода брожения происходит, главным образом, размножение дрожжей, но несомненно одновременно идет и ображивание имеющегося в заторе сахара мальтозы и частично разложение декстринов под действием диастаза. По исследованиям Гайдука, размножение дрожжей в дрожжевом заторе идет в отношении 1:4,5, а в

главном заторе в отношении 1:13, т. е., из одной дрожжевой клеточки образуется 13 клеточек. Размножение обычно заканчивается к тому времени, когда в заторе имеется 5% спирта.

Дрожжи быстро и сильно размножаются при температуре 28° Ц; однако эту температуру нельзя считать наиболее благоприятной для процесса сбраживания по следующим причинам.

1) При такой высокой температуре дрожжи быстро сбраживают мальтозу, причем в заторе рано накапливается 5%-ное количество спирта, которое приостанавливает дальнейшее размножение дрожжей.

2) Дрожжи, образовавшиеся при такой высокой температуре, менее энергичны, потому что они беднее зимазой.

3) В начале брожения, когда в заторе мало спирта, который служит для дрожжей антисептиком, такая высокая температура благоприятствует развитию посторонних, вредных для брожения микроорганизмов.

Ввиду этого обычно делают температуру складки затора, т. е. ту температуру, при которой затор вместе с дрожжами выкачивают в бродильный чан, гораздо ниже, а именно 16—18° Ц при трехсуточном брожении и 22—23° Ц при двухсуточном брожении.

При выборе температуры складки учитывают также концентрацию затора и температуру окружающего воздуха; для густых заторов (21—22° Бал) избирают несколько более высокую температуру, чем для жидких (17—19° Бал) заторов; зимой делают температуру складки несколько выше чем летом.

Главное брожение

В период главного брожения, когда размножившиеся в большом числе дрожжи быстро сбраживают имеющийся в заторе сахар мальтозу и когда вместе с этим идет энергично выделение углекислого газа, замечается также высокий подъем температуры, который тем выше, чем больше концентрация затора.

По данным Меркера, температура повышается за время брожения:

в заторах с концентрацией	20°	Бал на 18° Ц
> > >	17,5°	> > 16° Ц
> > >	15°	> > 14° Ц

Многие из винокуров считали, что благоприятной температурой для главного брожения является 32—34° Ц, но исследования Дельбрюка и Фота показали, что весьма ошибочно придерживаться при хлебно-картофельных заторах высоких температур при брожении и что на и более выгодной температурой при главном брожении следует считать 27,5° Ц, так как более высокие температуры понижают выход спирта.

Если заторы в 18—20° Бал повышают температуру за время брожения на 16—18° Ц, то при первоначальной температуре складки в 17—18° Ц температура броющего затора во время главного брожения поднимается до 33—36° Ц, и ясно, что для поддержания желательной температуры в 27,5° Ц необходимо броющие заторы во время главного брожения расхолаживать с помощью холодильников.

Дображивание

После бурного, главного брожения наступает медленное дображивание. При этом в бродильном чане идут одновременно два процесса: имеющийся в наличии живой деятельный диастаз разлагает декстрины, образуя из них мальтозу, а образовавшаяся мальтоза сбраживается дрожжами. Процесс осахаривания декстринов идет медленно, и потому для полного их сбраживания необходим достаточный срок — не менее суток; лучше более длительный срок.

Большое влияние на исход процесса брожения имеет температура при дображивании. Так как наиболее благоприятной температурой для осахаривающего действия диастаза считают $50-55^{\circ}\text{C}$, то раньше полагали, что при дображивании следует придерживаться высокой температуры ($32,5-34^{\circ}\text{C}$). Исследования Дельбрюка и Фота показали, что такие высокие температуры несомненно вредны. Для хорошего исхода брожения важно, чтобы до самого направления бражки на сгонку на аппарате в ней сохранились сполной энергией энзимы: диастаз и зимаза. Если в бражке имеется достаточно питательных веществ и дрожжи не голодают, то зимаза хорошо сохраняется. При высоких температурах дрожжи слишком быстро сбраживают мальтозу, и может наступить момент, когда они не имеют мальтозы для питания и голодают; тогда зимаза сильно ослабевает. При более низкой температуре сбраживание мальтозы идет медленней, в бражке имеется некоторый запас ее. При более низкой температуре также идет слабее деятельность посторонних микроорганизмов, вызывающих закисание затора, слабее идет испарение спирта, и потому для процесса дображивания наилучшей температурой следует считать $27,5^{\circ}\text{C}$, и не вредно, когда температура падает даже до 25°C .

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА УСПЕШНОСТЬ ПРОЦЕССА БРОЖЕНИЯ

При ведении процесса брожения стремятся к тому, чтобы затор успел хорошо выбродить к сроку поступления на сгонку, чтобы осталось как можно меньше несброженной мальтозы и декстринов, так как этот недоброд составляет явную потерю для производства. Для этой цели необходимо, чтобы зимаза дрожжей и диастаз солода сохранили до конца свою энергию сполна, чтобы для воздействия диастаза на крахмал и декстрины, которое идет медленно, был дан достаточный срок.

Большое влияние на успешность процесса брожения в указанном смысле имеют:

- 1) концентрация затора;
- 2) температура складки затора и температура во время брожения;
- 3) срок брожения. }

Влияние концентрации затора

Чем выше концентрация затора, тем труднее проходит процесс сбраживания, потому что при более высокой концентрации в заторе больше сахара и декстринов и требуется больше времени для сбраживания их; кроме того затор при этом менее подвижен.

Однако заторы в $20-21^{\circ}$ Бал можно вполне успешно сбраживать за трое суток; двухсуточные заторы должны иметь концентрацию в $18-19^{\circ}$ Бал. Конечно можно и при двухсуточном брожении сбраживать заторы в $20-21^{\circ}$ Бал, но при этом выход спирта с 1 ч крахмала будет ниже, чем при трехсуточном брожении.

Влияние температуры складки и температуры во время брожения

Из графиков на рис. 106—109 видно, что процесс главного брожения длится около 20 час., во время главного брожения сбраживает за один час приблизительно $0,75-1,0^{\circ}$ В,

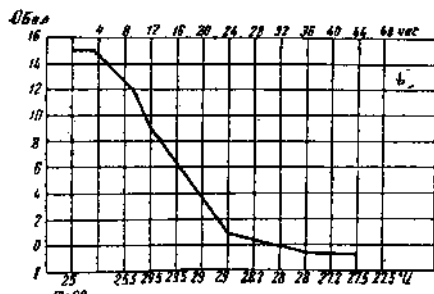


Рис. 106. График двухсуточного брожения кукурузного затора с первоначальной температурой 25°C .

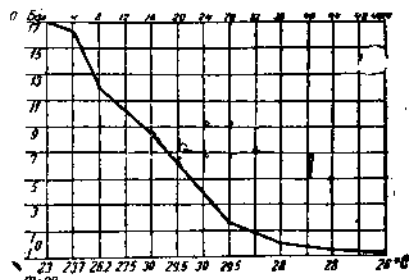


Рис. 107. График двухсуточного брожения кукурузного затора с первоначальной температурой 23°C .

процесс дображивания должен! для успешности сбраживания длиться 24—36 час.; длительность процесса возбуживания или размножения дрожжей зависит в значи-

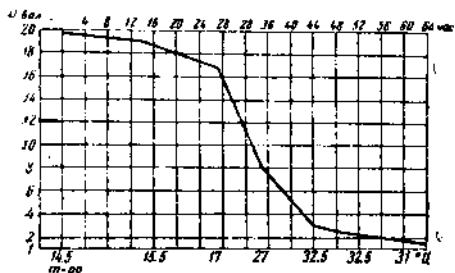


Рис. 108. График трехсуточного брожения картофельного затора с первоначальной температурой $14,5^{\circ}\text{C}$.

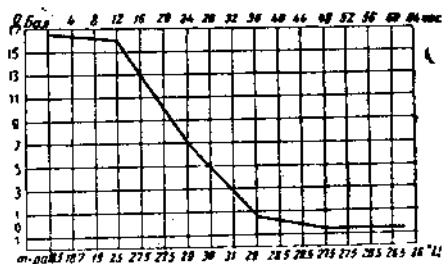


Рис. 109. График трехсуточного брожения кукурузного затора с первоначальной температурой $18,5^{\circ}\text{C}$.

тельной степени от температуры складки затора с дрожжами в бродильном чану.

Как видно из рис. 108, когда затор в 20° Бал был сложен при температуре $14,5^{\circ}\text{C}$, возбуживание длилось 27 час.; когда затор в $17,5^{\circ}$ Бал был сложен при $18,5^{\circ}\text{C}$, возбуживание окончилось за 12 час.; при первоначальной температуре в 25°C (см. рис. 106) главное брожение началось уже через 4 часа.

Из этого видно, насколько важна величина температуры складки затора. Для краткосрочного двухсуточного брожения приходится выбирать более высокую температуру складки (в 22—23° Ц); для более длительного трехсуточного брожения следует взять более низкую температуру складки, в 16,5—18° Ц, но совершенно не подходит температура в 14,5° Ц, при которой возбуживание затягивается до 27 час. Вместе с тем важно быть внимательным при расхолодке, чтобы не перехлаждать затора.

Чем выше концентрация затора, тем выше должна быть температура складки. Если заторы в 18—20° Бал имеют при трехсуточном брожении температуру складки в 17° Ц, то затор в 21° Бал должен иметь таковую в 18° Ц.

На исход процесса брожения оказывает влияние не только температура складки, но и температура в бражке во время брожения, а также температура помещения.

Как уже сказано выше, до наступления главного брожения, т. е. в период размножения дрожжей следует поддерживать в бродящем заторе температуру 24—25° Ц; во время главного брожения желательно иметь температуру 26—27,5° Ц, а при дображивании — 27,5° Ц и не ниже 25° Ц. Следует с помощью элевиков точно поддерживать указанные температуры во время брожения. Большую роль при этом играет температура в бродильном отделении. Если помещение не отапливается, имеет не двойные, а одинарные оконные рамы, да еще в некоторых местах с выбитыми стеклами, то при больших морозах температура в чанах во время брожения падает слишком низко, а это приводит к плохому выбраживанию затора.

Влияние срока брожения

В Германии ведут в хлебно-картофельных заторах большей частью трехсуточное брожение и если концентрация затора достигает 22° Бал, то нередко переходят даже на четырехсуточное брожение, с целью лучшего использования крахмала затора.

С 1924 г. наши спиртовые заводы с целью подъема производительности стали переходить на двухсуточное и даже полуторасуточное брожение. Для выяснения того, какие потери крахмала несут при этом заводы и насколько выгодно такое сокращение срока брожения, А. А. Фукс¹ совместно с инструктором Б. М. Блинкиным и инж. В. В. Супруненко провели на Наумовском спиртовом заводе специальную работу. При этом кукурузный затор, емкостью в 900 дкл, раскачивался на два чана, емкостью каждый в 450 дкл; в одном из них вели двухсуточное брожение, а в другом — трехсуточное. Каждые 3 часа определяли в заторах: температуру, баллинг и кислотность. По окончании брожения производили подробный учет и анализ заторов.

Опыты эти выяснили, что при трехсуточном брожении выход спирта на 2 1/4% выше, чем при двухсуточном. Хотя видимый отброд заторов в обоих случаях почти одинаковый, однако выход спирта из 1 ц крахмала

¹ См. приложение к журн. «Пищевая промышленность» за 1927 г.

не одинаков. Объясняется это тем, что при более продолжительном сроке брожения вырабатывают лучше и полнее не только декстрины, но и зерна нерастворенного крахмала зеленого солода. Полуторасуточное и односуточное брожение хлебно-картофельных заторов значительно повышают производительность спиртовых заводов, и так как расходы на рабочих, администрацию, амортизацию имущества, страховку завода, а также общие расходы остаются одни и те же, то себестоимость спирта должна была бы понизиться; но потери производства в виде несброженного крахмала в этом случае так велики, что себестоимость спирта почти не изменяется. В табл. 13

Таблица 13

Влияние срока брожения на производительность завода в сутки (размер потерь крахмала и себестоимость)

Брожение	Производительность завода в сутки в %	Потеря несброженного крахмала больше, чем при трехсуточном брожении на %	Себестоимость в %
Трехсуточное	100	—	100
Двухсуточное	133	2,5	91
Полуторасуточное	156	8,5	91
Односуточное	234	17,5	92

показаны выводы А. А. Фукса из данных обследования. Из этой таблицы видно, что при двухсуточном брожении производительность завода поднимается против трехсуточного на 33%, и себестоимость спирта понижается на 9%. Оно несомненно выгодно, если на заводе нет места для постановки бродильных чанов, необходимых для трехсуточного брожения, но при этом теряется 2,5% крахмала.

При ведении полуторасуточного брожения производительность завода в полтора раза выше, чем при трехсуточном, но потери крахмала велики и составляют 8,5%.

К полуторасуточному сроку брожения прибегают в тех случаях, когда, например, картофель начал сильно гнить и его необходимо быстро переработать, во избежание крупных потерь от гниения, которые могут достигать до 30—40%.

При ведении односуточного брожения в хлебно-картофельных заторах потери крахмала достигают 17—18%, и вследствие этого односуточное брожение хлебно-картофельных заводов не проводится на практике.

При производстве спирта из мелассы, где в заторе нет декстринов, а имеется только один, легко обрабатывающий тростниковый сахар, практикуется односуточное и полуторасуточное брожение заторов.

РАСХОЛАЖИВАНИЕ БРАЖКИ

Из вышеизложенного видно, что правильное регулирование температуры в бродильных чанах невозможно без специального расхолаживания во время брожения. Поэтому в настоящее время повсюду практи-

куется расхолаживание с помощью змеевиков. В тех странах, где взимается акциз с единицы емкости бродильного чана и заторы имеют высокую концентрацию (в 22—24° Бал) и мало подвижны, прибегают к движущимся холодильникам, которые то погружаются в бражку, то выдвигаются из нее. Однако холодильники такого типа невыгодны, так как спирт испаряется и бражка заражается посторонними бактериями. Ввиду этого все чаще устраивают неподвижные холодильники. В открытых бродильных чанах устраивают холодильные змеевики или по спиралеобразному типу, изображенному на рис. 110, или, как изображено на рис. 111, из прямых труб, расположенных параллельно друг другу.

Змеевик последнего типа имеет то преимущество, что трубы доступны для очистки изнутри от ила и грязи.

Расположение змеевика сверху чана, на $\frac{1}{2}$ м ниже уровня жидкости, весьма целесообразно, так как при таком расположении расхолаженные слои бражки как более плотные падают вниз, а теплые поднимаются вверх и образуется естественное течение жидкости сверху вниз и обратно. С этой точки зрения расположение змеевика близко

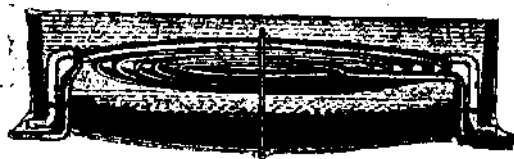


Рис. 110. Спиралеобразный холодильный змеевик.

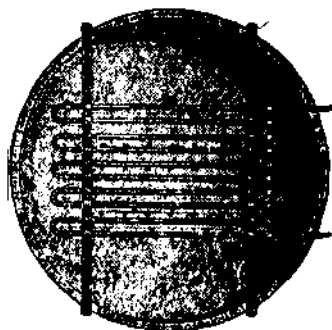


Рис. 111. Холодильный змеевик из параллельных труб доступных для внутренней очистки.

ко дну нецелесообразно, так как при этом теплая бражка будет стоять сверху, а внизу бражка сильно расхоладится и результат брожения будет плохой.

В случаях, когда в бродильный чан поступает несколько заторов и желательно начать расхолаживать, когда в чану имеется жидкости только на $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ всего объема, змеевик располагают параллельно стенкам чана. Что касается величины змеевика, то обычно он имеет поверхность охлаждения на каждый кубический метр жидкости в 0,25 м².

Для лучшей утилизации холодильной воды ее заставляют циркулировать через змеевики двух и нескольких бродильных чанов.

При железных чанах прибегают к наружному поверхностному охлаждению стенок чана, о чем будет сказано ниже.

Расход воды в бродильном отделении на 1 л бражки составляет приблизительно 1,3 л (при температуре 10—12° Ц),

ОСВЕЖЕНИЕ БРАЖКИ

Когда кончается главное брожение и выделение углекислого газа проходит тихо и медленно, тогда уровень жидкости в бродильном чане понижается, и в последнем образуется большая нецолнота. В заторах с

высокой концентрацией (в 18—21° Бал) полезно долить чан водой или, как говорят на практике, **освежить чан**. При таком доливе чана водой понижается в нем процентное содержание спирта, и дрожжи начинают более оживленно бродить, что содействует лучшему исходу брожения.

В заторах слабой концентрации (в 15—16° Бал) в таком доливе чана особой надобности нет.

При освежении чана следует иметь в виду, что температура доливаемой воды не должна быть слишком низкой, так как резкое изменение температуры в бражке вредно для жизнедеятельности дрожжей. Зимой, когда вода холодная, следует доливать чан водой производить в 2—3 приема, а лучше готовить для долива воду, имеющую температуру, весьма близкую к температуре самой бражки.

Если прудовая вода явно недоброкачественная, то лучше совсем не доливать чана такой водой.

После каждого долива содержимое чана следует хорошо размешать.

ВИДЫ БРОЖЕНИЯ

Во время процесса брожения последнее проявляется по форме в различных видах, что часто дает возможность улучшить процесс брожения или принять меры для улучшения его в последующих заторах.

Различают следующие четыре вида брожения: 1) перекатывающееся, поднимающееся и опускающееся, 3) пенистое и 4) покровное.

Перекатывающееся брожение

Перекатывающееся брожение бывает обычно в жидких, подвижных хлебно-картофельных заторах. Оно заключается в том, что выделяющаяся во время главного брожения в большом количестве углекислота приводит жидкую, подвижную бражку в сильное движение и она начинает передвигаться с одной стороны бродильного чана к противоположной и обратно; жидкость без конца «бродит» в чану туда и обратно; отсюда и самый процесс получил название «брожение». На поверхности бродящей жидкости, особенно в хлебных заторах, появляется пена в виде белых мутных пузырей; мутная оболочка пузырей содержит дрожжевые клетки, и если снять сеткой пену и промыть ее, можно получить дрожжи.

Перекатывающееся брожение представляет вид хорошего, здорового брожения, при котором процесс брожения проходит нормально и дает хорошие результаты.

Поднимающееся и опускающееся брожение

При таком виде брожения жидкость пучится и сильно поднимается, приблизительно на 12³/₁₀ высоты столба жидкости в чану. Когда поверхность жидкости достигает высшей точки подъема, начинает энергично и шумно выделяться углекислота, образуя при своем прорыве крупные пузыри; когда угольная кислота закончит свое выделение, уровень поверхности жидкости сильно понижается. Затем следует новый подъем и вспучивание жидкости и бурное выделение углекислоты в конце подъема.

Такой вид брожения обыкновенно имеет место в заторах, которые дают клейкую, малоподвижную жидкость, в которой сцепление частиц так сильно, что выход углекислого газа из нее возможен лишь тогда, когда давление газа сильно возрастет и будет в состоянии преодолеть сцепление частиц. Такие клейкие заторы получаются нередко при переработке ячменя, ржи, некоторых сортов картофеля и шелудивого картофеля. Наоборот, просо и кукуруза дают большей частью жидкие, подвижные заторы.

Так как для успешного сбраживания затора дрожжами важно, чтобы последние имели возможность быстро передвигаться в жидкости по всем направлениям, то заторы жидкие, подвижные дают лучшие результаты брожения, больший выход спирта, чем заторы клейкие, малоподвижные. Поэтому поднимающееся и опускающееся брожение следует отнести к нездоровым, невыгодным видам брожения, которых следует избегать.)

Во избежание получения клейких заторов полезно готовить смешанные заторы, например: смешивать картофель, дающий жидкие заторы, с картофелем, дающим густые заторы, готовить смешанные заторы из ржи и картофеля, из ржи и проса, из ржи и кукурузы и т. д. Такие смешанные заторы дают хорошие результаты, больший выход спирта, чем при переработке каждого из этих материалов в отдельности.

В этом отношении полезно заменить часть (30%) ячменного или ржаного солода овсяным или просяным, которые, как показал опыт, имеют свойства разжижать заторы. |

Пенистое брожение

Пенистое брожение представляет один из неприятных видов брожения. Заключается оно в том, что к тому времени, когда в бродильном чану будет температура 22—25° Ц и затор сбродит приблизительно $\frac{1}{3}$ первоначального баллинга, вся поверхность его покрывается сплошным слоем мутной пены, которая не передвигается, а только пучится, поднимаясь все выше и выше; иногда слой пены достигает в толщину до 60% высоты лежащей под ней жидкости. Если в бродильном чану нет достаточной неполноты, то пена, а с нею и бражка переливаются через край чана и уходят в канаву, и производство имеет очень крупные потери крахмала.

Пена образуется всегда в начале главного брожения, и пенообразование прекращается к началу периода дображивания.

Как выяснено в настоящее время, причиной пенистого брожения является особое физиологическое состояние очень энергичной расы дрожжей. Такое брожение часто вызывают дрожжи расы II, которые принадлежат к очень энергичным дрожжам; наоборот, дрожжи расы XII редко вызывают пенистое брожение.

Опыты Гессе и Геке показали, что, изменяя метод ведения дрожжей можно вызвать пенистое брожение или, наоборот, подавить его. Если готовят жидкий дрожжевой затор и дают ему сбродить только на половину первоначального баллинга, задают малую дрожжевую матку, вызывая этим образование молодых дрожжей, более склонных к пенистому брожению, поддерживают в дрожжевом

заторе невысокую кислотность, задают в дрожжи подмолодку, то таким путем содействуют слишком энергичному состоянию дрожжей и образованию пенистого брожения. Наоборот, если готовят концентрированный дрожжевой затор в 21° Бал, поддерживают в нем высокую кислотность, задают в дрожжевой затор большую дрожжевую матку—в $\frac{1}{4}$ объема дрожжей, дают дрожжам сильно выбродить до $\frac{1}{4}$ первоначального баллинга и не задают подмолодки, то этими мерами приводят дрожжи в состояние вялости, чем противодействуют образованию пенистого брожения.

Для подавления пенистого брожения Гессе предлагает не давать дрожжам слишком обильного питания в виде сахара. Для этой цели он советует не задавать сразу всего солода, назначенного в затор, причем в последнем образуется слишком большой запас сахара мальтозы, а задать сначала только $\frac{2}{3}$ всего солода, а $\frac{1}{3}$ солода задать в затор во время его расхоложивания, уже при температуре 29° Ц.

Полезно этот солод, который не подвергался стерилизующему действию высокой температуры, вымыть, а еще лучше продезинфицировать как это указано ниже.

Следует с этой целью также сократить срок осахаривания затора и, начать расхоложивание сейчас же вслед за окончанием выдувания затора. Самое важное взять в качестве матки другую расу дрожжей.

Причиной пенистого брожения могут быть еще следующие обстоятельства.

1) **Особый сорт картофеля.** Некоторые сорта картофеля, в особенности рано созревающие: «ранняя роза» «желтая роза», «синий великан» и др., имеют большую склонность к образованию пенистого брожения.

2) **Удобрение почвы** перед посадкой картофеля также оказывает влияние; замечено, что при удобрении почвы овечьим навозом, селитрой, калийном, которые задерживают созревание картофеля, причем получается картофель, бедный крахмалом и богатый по содержанию растворимых азотистых веществ и амидов, часто наступает пенистое брожение.

3) **Поступление в затор слишком большого количества амидов** вместе с плодовой водой может содействовать появлению пенистого брожения. В данном случае бывает полезно отчасти пропарить картофель верхним паром и спустить часть плодовой воды в канаву, а не в затор. Потери сахара, уходящего вместе с плодовой водой в канаву, будут во много раз меньше потерь вследствие перелива бражки через край чана.

4) Гессе указывает, что иногда слишком большое число оборотов заторной машины тоже приводит к пенистому брожению, должно быть вследствие большого обогащения затора кислородом воздуха, который содействует усиленному размножению дрожжей. Гессе указывает, что когда он изменил число оборотов заторного вала в минуту с 120 на 80, у него прекратилось пенистое брожение, но отброд бражки ухудшился.

Кроме вышеуказанных мер для прекращения пенистого брожения также рекомендуют:

- а) сильнее варить картофель в запарниках Генце;
- б) повысить температуру затирания, что делает затор более жидким;

в) брать на затор смесь разных сортов картофеля или смесь из картофеля и кукурузы или картофеля и овса, или ячменя;

г) заменить $\frac{1}{2}$ ячменного солода овсяным или просынным солодом.

Но когда содержимое бродильного чана сильно пенится и необходимо немедленно принять меры, чтобы избежать больших потерь бражки, поливают поверхность бражки жидкостью, которая быстро, чисто механическим путем осаждает пену. Для этого применяют: масло, свиное сало, так называемую «фузию» — осадок, собирающийся на дне посуды при хранении подсолнечного или конопляного масла. Фузия прекрасно и быстро помогает в этих случаях, причем расход ее весьма невелик. Очень хороша в этом отношении также смесь, изготавливаемая по следующему рецепту: 1 кг говяжьего сала для разжижения нагревается до 50°C , затем в него вливают малыми порциями, при постоянном размешивании 1 кг крепкой серной кислоты в 66°Боме . Достаточно прилить несколько столовых ложек фузии или смеси из сала и серной кислоты, чтобы пена быстро осела.

Некоторые применяют для этой цели керосин, олеонафт, но нужно иметь в виду, что эти вещества переходят в спирт и делают его негодным для питьевых целей.

Покровное брожение

Покровное брожение выражается в том, что поверхность затора в бродильном чану покрывается покрывкой, состоящей из шелухи и кожуры того материала, который перерабатывают на заводе.

Рассмотрим случаи покровного брожения: 1) при переработке сырых материалов, содержащих малый процент клетчатки, кожуры, и 2) при переработке толстокожурных зерновых материалов.

1. При переработке сырых материалов, содержащих малый процент клетчатки, кожуры и мало склонных к образованию покрывки во время брожения (например картофель, кукуруза, рожь), и при нормальной работе на заводе, на бражке, приготовленной из этих материалов, покрывки не бывает за весь период брожения, так как выделяющаяся углекислота имеет достаточно энергии, чтобы разогнать собирающуюся на поверхности бражки покрывку.

Но иногда и на поверхности бродящих картофельных, ржаных и кукурузных заторов появляется покрывка толщиной приблизительно в 5—6 см. Обыкновенно покрывка эта образуется только во время дображивания, и если она появилась, то она служит показателем слабости дрожжей, которые выделяют так мало углекислоты, что последняя не в состоянии разогнать покрывку. Такая слабость дрожжей влечет за собой плохой отброд и понижение выхода спирта. Ослабление энергии дрожжей могло быть вызвано причинами, которые указываются дальше в отделе об отбродах в бражке. Если принятыми мерами энергия дрожжей не поднялась и покрывка во время дображивания появляется и дальше, то необходимо завести новую дрожжевую матку.

2. При переработке толстокожурных зерновых материалов: овса, преса и ячменя, если варка их в запарниках Генце производится в цельном виде, без предварительной обработки (подработки), в заторе имеется слишком большое количество кожуры: последняя уже с начала брожения подни-

нается вверх, образуя над поверхностью жидкости толстую покрывку, которая нередко достигает толщины в 1—1,1 м.

Этот вид брожения с покрывкой весьма неприятный по следующим причинам:

1) Выход спирта с 1 ц крахмала при этом брожении всегда ниже, чем при нормальном, так как такое покрывное брожение обычно сопровождается сильным нарастанием кислоты в бражке за время брожения. При этом не только теряется часть сахара на образование кислот, но вследствие того, что при высокой кислотности диастаза теряет свою осахаривающую способность, часть декстринов не может быть осахарена и уходит в барду несброженной, увеличивая потери производства.

Ненормальное закисание объясняется тем, что в то время, как жидкая часть затора охлаждается помощью холодильных змеевиков, покрывка не охлаждается. Температура в ней поднимается, что содействует усиленному развитию в ней бактерий, вызывающих закисание; нередко температура в покрывке достигает 40° Ц, температуры мало благоприятной для брожения и очень благоприятной для размножения многих вредных для брожения бактерий.

2) Вторая причина, делающая покрывное брожение нежелательным, состоит в том, что огромное количество кожур при спуске бражки на стовку засоряет насосы, трубы, змеевики, брагоперегонный аппарат, вызывая частые и весьма продолжительные остановки производства. Нередки случаи, когда вследствие засорения перегонного аппарата приходится его разбирать для очистки и по этой причине производство приостанавливается на 2—5 дней, что особенно недопустимо на тех заводах, где стоит на откорме несколько тысяч голов скота, которым необходимо ежедневно давать свежую барду.

НАИБОЛЕЕ ВЫГОДНЫЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ТОЛСТОКОЖУРНОГО ЗЕРНА НА СПИРТ

Переработка ячменя

Для устранения вышеуказанных неудобств при переработке ячменя наши спиртовые заводы начали применять предварительную обработку ячменя до поступления его в запарники Генце. Главспирт в начале 1934 г. назначил специальную комиссию под председательством А. А. Фукса для выяснения, какой из способов предварительной обработки толстокожурного зерна является наиболее выгодным и приемлемым для производства.

Комиссия, исследуя переработку ячменя, применила следующие способы предварительной обработки зерна: 1) расплющивание зерна на рифленых вальцах; 2) обдирку ячменя на наждачной обойке; 3) помол на жерновах — крупный, средний и мелкий. Параллельно вели заторы из того же ячменя без предварительной обработки. При этом велся строгий учет потерям при подработке ячменя, учет и контроль всего производства и учет выхода спирта. Комиссия пришла к следующим выводам.

1) Наихудшие результаты дает переработка цельного, необработанного ячменя, так как:

а) увеличивается продолжительность варки зерна в запарниках Генце;

б) продолжительность перекачки затора из заторного в бродильный чан раза в 2—3 увеличивается против нормальной;

в) в чану появляется покрывка во время брожения больше 1 м глубины, причем недоброды увеличиваются против нормальных на 0,3—0,5° Бал, а нарастание кислотности за время брожения увеличивается в 1,5—2 раза;

г) при спуске бражки на сгонку приходится добавлять к бражке около 20% воды, что увеличивает расход пара на сгонку; приходится иметь специального рабочего для размешивания; кроме того при размешивании идет сильное испарение спирта из бражки, что понижает выход спирта;

д) несмотря на размешивание бражки, за сутки происходят 3—4 засорения аппарата, причем при каждой чистке теряется часть спирта и производительность завода сильно падает.

В виду этого Комиссия считает, что переработка ячменя, а также овса и проса, в цельном виде должна быть воспрещена.

2) Сплюснутый или раздавленный на вальцах ячмень дает лучшие результаты, чем цельный. При такой предварительной обработке ячменя сокращается срок варки в запарниках Генце, срок перекачки в бродильный чан; покрывка небольшая, только в 5—8 см, нарастание кислотности только 0,3—0,35° Дельбрюка и выход спирта на 1,5—2% выше, чем при цельном ячмене.

3) Помол ячменя на жерновах дает очень хорошие результаты. Были испытаны: крупный помол, крупная сечка, средний помол и средняя сечка (дерт), причем оказалось, что наилучшие результаты дает средняя сечка (рис. 112), полученная на жерновах. Ее преимущества следующие:

а) потери при размоле составляют только 0,33% по весу сырья и 0,31% по весу крахмала;

б) подработанная масса сравнительно однородная и потому легче, лучше и быстрее разваривается в запарниках Генце;

в) перекачка затора значительно ускоряется;

г) заторная масса подвижная, и брожение проходит совершеннее; нарастание кислотности за время брожения составляет только 0,25° Дельбрюка;

д) выход спирта на 3,8—4,5% выше, чем при цельном ячмене;

е) завод работает бесперебойно.

4. Обдирка ячменя на наждачной обойке отделяет наружную толстую кожуру до поступления зерна в запарники Генце. Такая предварительная обработка зерна имеет следующие преимущества:

а) производительность завода поднимается на 10%, так как имеется возможность загрузить в запарники сырье с значительно большим количеством крахмала;

б) технологический процесс проходит хорошо; нарастание кислотности за время брожения равно только $0,25^\circ$ Дельбрюка, и потому выход спирта из крахмала в сравнении с переработкой цельного зерна увеличивается на $4-4,5\%$;

в) вследствие повышения производительности завода и выхода спирта сокращается расход топлива на единицу продукции.

Но одновременно имеется ряд недостатков, которые заключаются в следующем.

1) Отходы при обдирке составляют $12-14\%$ по весу сырья, из них $2-3\%$ безвозвратные (сорные примеси).

2) Потери крахмала в отходах составляют около 1% по весу сырья, или $2-2,3\%$ по весу крахмала.

3) Обрушка не дает однородной продукции; обыкновенно часть зерен остается необрушенной, часть зерен побита.

4) Необходимо иметь квалифицированных рабочих.

5) Для обдирки разного сырья (ячмень, просо) нужны разной системы аппараты.

6) Затруднительность учета производства и возможность злоупотреблений при утилизации получаемых отходов.

Комиссия поэтому пришла к заключению, что при переработке ячменя является наиболее выгодным размол его на жерновах в виде средней сечки, с предварительной очисткой на веялке от сора. Транспортирование молотого ячменя внутри завода следует производить, как это производится на мельницах, в тщательно обшитых элеваторах, во избежание потерь крахмала внутри завода до варки в запарниках Генце.

Переработка овса

Так как в 1934 г. спиртовые заводы должны были переработать большое количество овса на спирт, Главспирт предложил Всеук-

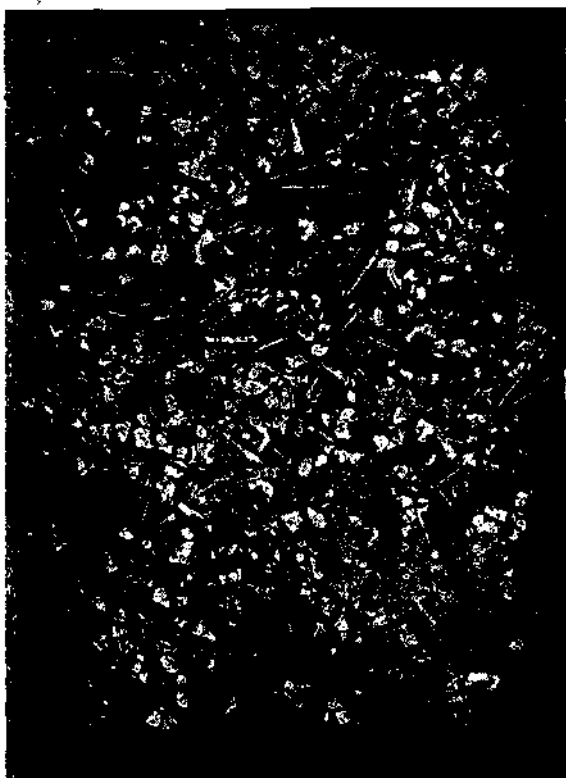


Рис. 112. Вид ячменной средней сечки, наиболее выгодной для переработки.

раинскому научно-исследовательскому институту ферментативной и плодощовиной промышленности срочно изучить вопрос о наиболее выгодном способе переработки овса. Бригада т. Забродского, работавшая под руководством проф. А. А. Фукса, нашла следующее.

1. Переработка овса на спирт в цельном виде имеет такие огромные недостатки и настолько невыгодна, что она должна быть воспрещена.

При заторе, сваренном в запарниках Генце из цельного овса, получившись во время брожения покрывка толщиной в 1,2 м. Результаты брожения были плохие; получалось большое закисание. Но главная беда была в том, что, несмотря на постоянное размешивание бражки в передаточном резервуаре, никак нельзя было избежать засорений бражного насоса и аппарата и чистка того и другого тянулась так долго, что этот чан перегнали на аппарате только за 20,5 час., в то время как нормально сгонка на аппарате бражки такого чана длилась не больше 2,5 час.

Очевидно, что переработка овса в запарниках Генце в цельном виде так сильно понижает производительность завода и дает такие большие потери спирта при чистке брагоперегонного аппарата, что производство становится явно невыгодным.

2. Переработка овса в молотом виде, наподобие переработки ячменя (в молотом виде, в виде крупной сечки), оказалась невыгодной.

Необходимость перерабатывать овес другим методом, резко отличающимся от метода переработки ячменя, объясняется различным физическим строением того и другого зерна. Кожура ячменя прилегает плотно к мучнистому телу зерна, составляя с ним как бы одно целое, и при раздроблении зерна на жерновах крошится, измельчается как мучнистое тело, так и кожура зерна). В овсе связь между мучнистым телом и кожурой зерна слаба; часто возможно просто ногтем выдавить зерно из кожуры. Последняя очень гибка, упруга и при измельчении зерна овса на жерновах крошится; измельчается внутреннее содержимое зерна, и кожура делится на 2 — 3 части; но в поперечном направлении кожура не измельчается, а остается цельной во всю длину. Последствием этой особенности кожуры овса является то, что молотый овес занимает чрезвычайно большой объем; это затрудняет операцию загрузки его в запарник Генце. При измерении оказалось, что 100 г цельного овса занимают объем в 200 см³, а 100 г молотого овса — 400 см³. Вследствие того, что овес содержит около 5% жиров, он плохо смачивается, размешивается с водой, плавая на поверхности ее. При первой опытной варке овса в молотом виде набрали в запарник на каждый килограмм молотого овса 2,2 л воды при температуре 50° Ц. всыпали в воду 1% зеленого солода, хорошо размешали и, пустив в запарник пар снизу, стали при постоянном размешивании всыпать средние-молотый овес. При этом оказалось следующее. Когда всыпали только 2/3 назначенного количества овса, которое не превышало порции молотого ячменя, поступавшего ежедневно в запарник, последний уже был заполнен до лаза, и засыпать последнюю треть молотого овса было некуда. Конечно затор получился чрезвычайно жидким, плохо сваренным.

Чтобы сварить в запарнике нормальную порцию молотого овса; при-

бегли к необычному на практике способу засыпки овсяной муки, а именно: сначала в пустой запарник Генце всыпали всю овсяную муку, затем наливали воду при постоянном размешивании. Таким путем удалось засыпать в запарник всю порцию муки, но из 11 варок только 2 были удовлетворительные, а в остальных 9 случаях оставалось в запарнике часть залегшего там несваренного овса. Кроме того при таком способе обработки овса крышка во время брожения никак не уменьшалась и трудности перегонки были те же, что и при переработке цельного овса.

На Ефремовском спиртовом заводе Московской области при переработке овса совместно с рожью поступали следующим образом. Молотый овес предварительно размешивали с водой в заторном чану и эту смесь перекачивали центробежным насосом в запарники. При этом насос работал безостановочно, и если масса не поступала в запарник Генце, она поступала обратно в заторный чан. При случайной остановке насоса труба, имевшая диаметр около 100 мм, забивалась густой овсяной массой и очистка ее была довольно затруднительна.

Чтобы возможна была перекачка овсяной массы по трубе, приходилось брать больше воды, и концентрация затора понижалась до 14° Бал, что очень невыгодно с точки зрения себестоимости спирта.

Следовало бы пропустить овес через прибор, напоминающий по устройству котлетную машинку, который разрезал бы все зерно поперек. Тогда по всей вероятности кожура овса, разрезанная поперек на части, плавала бы в заторе в взвешенном состоянии, и в чану исчезала бы крышка со всеми вредными последствиями ее. Но такого прибора еще пока не имеется. Дальнейшая работа Киевского научно-исследовательского сектора спиртовой промышленности показала, что для переработки овса на спирт наиболее пригодными в настоящее время следует считать следующие два способа: 1) переработка его совместно с рожью и картофелем и 2) предварительная обрушка кожуры зерна.

1. Переработка овса совместно с рожью или картофелем

Пробные заторы показали, что если производить смешанные заторы из овса и ржи, то возможно брать с успехом цельный овес в количестве 40% всех припасов, причем совершенно не получается крышки в бродящих чанах и нет затруднений при перегонке на брагоперегонном аппарате таких смешанных заторов.

Объясняется это тем, что ржаные, а отчасти и картофельные заторы обладают известной вязкостью, сцеплением частиц, которые, если количество овса не превышает 40% всех припасов, поддерживает кожуру овса во взвешенном состоянии по всей толще заторной массы и не дает кожуре всплыть вверх для образования крышки.

Что это именно так, можно заключить из следующего.

При опытных заторах из одного овса на Поповском заводе одновременно производили заторы из одной ржи. Когда при перегонке овсяной бражки всплывало в передаточном резервуаре для бражки большое количество овсяной кожуры, которое никак не удавалось размешать, что очень затрудняло перегонку бражки, то в передаточный резервуар спускали ржаной бражки. После хорошего размешивания овсяная кожура

распределялась равномерно по всей массе, больше не всплывая, и перегонный аппарат работал вполне исправно, без всяких затруднений.

Отсюда видно, какую большую роль играет в спиртовом производстве вязкость заторов. Между тем вопросы: отчего именно зависит вязкость заторов, как увеличить сцепление частиц в заторе, чтобы кожура не всплывала на поверхность, как понизить силу сцепления частиц в заторах, чтобы сделать их более подвижными, чтобы быстрее расхолаживать и лучше обрабатывать заторы, — совсем еще не изучены, и этими вопросами необходимо заняться.

2. Предварительная обрушка кожуры овса

Физическая особенность зерна овса заключается в том, что кожура его легко отделяется от тела самого зерна. Это дает большое преимущество способу обрушки зерна до поступления в запарники перед предыдущим.

Когда обрушивают ячмень, то вследствие того, что кожура его крепко связана с телом самого зерна, неизбежно вместе с кожурой обрушивается и часть самого зерна, и потому потери крахмала при обрушке ячменя достигают 2—2,5%.

При обрушке же овса кожура его очень легко отделяется от тела зерна, и потому потери крахмала очень малы и составляют только 0,2—0,3, если отходы при обрушке пропустить через веялку и вернуть в генцы ту часть этих отходов, которая может дать спирт.

Опыты Забродского показали, что при двукратной обрушке овса на крупорушке с деревянными бичами, при которой не менее 40 весовых процентов овса обрушены совсем (так что получилось голое зерно, а остальное количество зерна осталось необрушенным), получают при варке этого зерна в запарниках Генце заторы хорошего качества, которые бродят совершенно без попрышки и не вызывают засорения аппарата.

Этот способ предварительной подработки овса имеет еще то преимущество, что он дает возможность получать заторы с концентрацией в 17,5—18° Вал. При этом получается около 11% (по весу первоначального зерна) кожуры или половы, которая в смеси с горячей бардой может идти в корм скоту.

Переработка проса

Опыты, проведенные в 1933 г., показали, что перерабатывать просо хорошо в обрушенном виде, причем обрушка должна быть сделана так, чтобы оставалось около 20—25% необрушенного зерна, тогда просо не слеживается в парнике, и варка зерна проходит хорошо.

В виду того, что учет потерь при обрушке проса на ряде заводов был поставлен плохо и имели место злоупотребления, заводы, по распоряжению Главспирта, перешли на переработку проса в виде крупного помола, так как при этом потери зерна составляли только 0,3—0,4%. Для помола проса были на заводах установлены рифленые вальцы.

Прesiaная мука отличается тем, что она не дает комьев при разваривании, которое проходит легко в запарнике Генца; заторы получаются жидкие, подвижные, покрышки во время брожения в бродильных чанах не имеются. В некоторых случаях бывает, что кожура собирается при окончании брожения на дне чана и затрудняет спуск бражки. — В этом отношении вопрос о переработке проса нуждается в дополнительном изучении.

ПРОДУВАНИЕ ВОЗДУХА

Хлебно-картофельные заторы содержат большое количество питательных веществ для дрожжей, которые размножаются в них быстро. Поэтому при ведении брожения в хлебно-картофельных заторах нет надобности прибегать к продуванию воздуха, как средству, возбуждающему размножение дрожжей (как это практикуют при ведении производства спирта из патоки).

Однако на благоустроенном спиртовом заводе особенно большой мощности следует иметь компрессор. Продувание воздуха очень полезно применять при замочке зерна на солод. При ведении брожения хлебно-картофельных заторов иногда приходится прибегать к размешиванию заторов с помощью сжатого воздуха, например в случае, когда к находящимся в большом по объему бродильному чану двум уже бродящим заторам прибавляют третий и их необходимо хорошо размешать; в таком случае применяют продувание воздуха взамен мешалки. При этом необходимо иметь в виду, что продувание должно быть весьма непродолжительное, чтобы избежать испарения спирта, и что воздух должен пройти хотя бы через промывалку или через слой кокса, — еще лучше через стерильную вату, чтобы очиститься от вредных микроорганизмов.

ПРЕИМУЩЕСТВО ВЕДЕНИЯ БРОЖЕНИЯ В ЗАКРЫТЫХ БРОДИЛЬНЫХ ЧАНАХ

На многих заводах еще и до сих пор ведут брожение в открытых бродильных чанах. Между тем опытами уже давно установлено, что, ведя брожение в герметически закрытых бродильных чанах, увеличивают выход спирта на 2,0—2,5% и даже больше против выхода, получаемого из того же затора при ведении брожения в открытых чанах. Даже если чан будет не герметически закрыт, а только накрыт простой крышкой, то и это уже увеличивает выход спирта на 1½%.

Отсюда следует вывод, что необходимо как можно скорее на всех спиртовых заводах перейти на герметически закрытые бродильные чаны; где таковых не имеется, впредь до герметизации следует чаны накрывать во время брожения съемными деревянными крышками. Последние должны быть сделаны составными из нескольких частей такой величины, чтобы бродильщик мог каждую в отдельности легко поднимать, передвигать, мыть и дезинфицировать.

Увеличение выхода спирта в герметически закрытых бродильных чанах объясняется следующими причинами:

1. В закрытом чану значительно меньше потери спирта вследствие прямого испарения, какое бывает в открытых чанах (тем сильнее, чем больше движение воздуха над чаном и чем полнее залит чан).

2. Углекислый газ проходит через промывалку с водой, причем в последней растворяется и удерживается увлекаемый углекислотой спирт.

3. В герметически закрытом чану вода в ловушке образует гидравлический затвор, который не дает во время брожения доступа в чан посторонним микроорганизмам, и потому брожение в закрытом чану более чистое, чем в открытом. Как показывают исследования Куповского, затраты на установку герметически закрытых железных бродильных чанов, при емкости их в 2500—3000 дкл, окупаются, принимая во внимание увеличение выхода спирта, уже через $1\frac{1}{2}$ —2 года.

РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА РАБОТЫ В ДРОЖЖЕВОМ И БРОДИЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИЯХ

Количество задаваемых дрожжей

У нас еще недавно устанавливали на спиртовых заводах одинарные бродильные чаны, т. е. для каждого затора имелся на заводе отдельный бродильный чан. Чтобы иметь возможность увеличить производительность завода и продлить срок брожения (с двухсуточного на трехсуточное), не прибегая к постройке нового здания для бродильного отделения, А. А. Фукс¹ внес предложение рационализировать работу в бродильном и дрожжевом отделениях. Вместо чанов одинарной емкости он предложил устанавливать чаны тройной емкости; так как при такой величине чана значительно сокращается площадь бродильного отделения. Если диаметр чана равен его высоте, то объемы чанов пропорциональны кубам диаметров, а площади пола, ими занимаемые, пропорциональны квадратам диаметров; кроме того, при малом числе больших чанов выигрышается площадь пола на промежутки меж чанами. Например, для 12 заторов в сутки, при трехсуточном брожении и при одинарных чанах, требуется установить $12 \times 3 = 36$ чанов и один запасный—37 чанов и между ними 36 промежутков в 0,35 м каждый. В настоящее время стремятся вести работу на заводе так, чтобы каждая из трех смен рабочих сливала изготовленные ею заторы в отдельный бродильный чан, что дает возможность определить качество работы каждой смены, за которое она несет ответственность. При такой постановке дела следует для каждой смены установить один бродильный чан емкостью на 4 затора и при трехсуточном брожении установить $3 \times 3 = 9$ чанов, да один оборотный (для опорожнения и залива), итого—10 чанов, у которых будет только 9 промежутков между чанами, вместо 36 вышеуказанных, и кроме того один чан емкостью на 4 затора занимает меньше места, чем 4 чана на один затор каждый.

Рационализация работы в дрожжевом отделении состоит в том, что вместо заготовки при 12 заторах в сутки 12 отдельных дрожжевых заторов, по предложению А. А. Фукса, готовят для каждого бродильного чана один дрожжевой затор.

При приготовлении вместо 12 дрожжевых заторов только 3 затора сокращается и упрощается работа в дрожжевом отделении. Некоторые

¹ См. «Пищевая промышленность» за 1927 г., приложение «Вестник винокуренной промышленности», выпуск IV.

техноруки пошли еще дальше и начали готовить один дрожжевой затор на все сутки, что одобрить никак нельзя, так как дрожжи для последних заторов переставаются, закисают, слабеют и портятся.

А. П. С и т н и к о в, работая дальше над этим вопросом, предложил сократить количество задаваемых дрожжей, так как чем меньше дрожжей, тем меньше они пожирают сахара. Однако опыт показал, что слишком сокращать (до 2%) количество дрожжей, как это делают некоторые техноруки, не следует. Вместо 8% дрожжей по емкости бродильного чана, каковое количество обычно задавали при сливании заторов в одинарные бродильные чаны, в настоящее время задают дрожжей в объеме 4% от емкости бродильного чана, в который они поступают. Обычно задают дрожжи в два приема: в первый затор—в объеме 2,5% от общей емкости бродильного чана, или 10% по емкости одного затора, и в третий затор 1,5% от общей емкости чана, или 6% по емкости одного затора.

Задавая дрожжи в большой бродильный чан четверной емкости в два приема, можно для этого чана готовить только один дрожжевой затор.

Каждая смена рабочих будет готовить один дрожжевой затор и заливать один бродильный чан. Промежуток времени между спуском дрожжей в первый и третий заторы составит только 2,5—3 часа, каковое время созревшие дрожжи могут постоять без порчи. В крайнем случае можно в них задать подмолодку, но лучше кислую. Г. Ф о т обращает внимание на то, что для хорошего исхода брожения важно, чтобы поступающие в четверной чан без дрожжей заторы хорошо размешались с находящимися в чану уже забродившими заторами. Для этого он советует не делать слишком высокой температуры складки для первого затора и стараться, чтобы концентрация заливаемого без дрожжей затора была приблизительно равна концентрации заторной массы, находящейся в данный момент в бродильном чану.

Еще лучше иметь в своем распоряжении компрессор, который дает воздух с давлением в 2,5—3 атм. и посредством него в течение 5—10 мин. продувать воздух в чан после прилипания каждого нового затора. Этим путем можно достигнуть хорошего размешивания дрожжей и заторов.

На рис. 113 помещен график, показывающий, как изменяется концентрация затора при заливе в один герметически закрытый чан 9 заторов при ведении двухсуточного брожения.¹

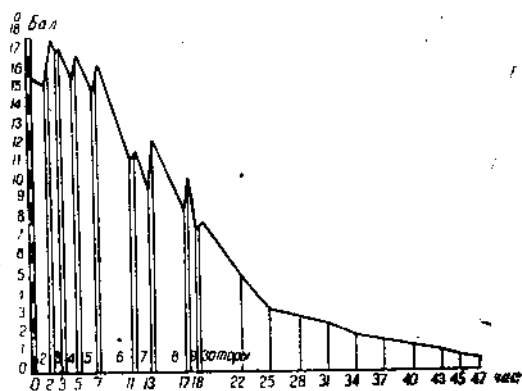


Рис. 113. График двухсуточного брожения хлебно-картофельного затора при сливе 9 заторов в 1 чан.

¹ См. ст. Куновского, журн. «Бродильная промышленность» № 9, 1932 г.

Из графика видно, что заторы поступают в бродительный чан почти регулярно через 2 часа; только когда была ломка смен, был промежуток в 4 часа. При сливе 9-го затора в бродительный чан главное брожение в нем уже на 2/3 завершилось, так что после слива этого затора концентрация затора была вместо первоначальных 17° Бал. только 7—8° Бал.

Как показывает график, в данном случае брожение прошло удовлетворительно. Девятый затор поступил в бродительный чан через 18 час. после начала залива, имел для брожения до спуска бражки из чана на перегонку еще 30 час. и выбродил до 0,8° Бал. Но нередко бывают опоздания на заводе и 8-й и 9-й заторы могут поступить в бродительный чан через 22—23 часа от начала залива, когда бражка в чану уже отбродила (см. график) до 4° Бал.; тогда эти заторы плохо выбродят, и отброд в чану будет очень большой.

А. Забродский сообщает, что на одном заводе, на котором сливали 9 заторов в один бродительный чан, заторы имели отброд то 1,5° Бал. то 6,0° Бал. По исследовании этого явления оказалось, что такие большие отброды (в 5—6° Бал) бывают в те дни, когда завод работает с опозданием и в бродительный чан сливают очень поздно последние 8-й и 9-й заторы, т.е. когда главное брожение в чану уже совсем закончилось и идет дображивание.

Отсюда следует вывод, что в случае опоздания с заторами на заводе, когда приходится доливать бродительный чан (в то время, когда бражка уже выбродила до 4—5° Бал), следует этот чан оставить неполным, недолитым, и свежие заторы направить в следующий бродительный чан. Затем при сливании 8—9 заторов в один бродительный чан лучше вести трехсуточное брожение, а не двухсуточное.

Удобнее, как уже выше указано, сливать заторы каждой смены рабочих в отдельный чан. При поступлении в бродительный чан только 3—4 затора, как видно из того же графика рис. 113, концентрация бражки в бродительном чану до момента слива последнего затора менялась бы только в пределах 16—17° Бал, брожение прошло бы не так бурно, приближаясь к нормальному брожению одипарного затора, и не было бы высокого закисания в чану.

Проблема ведения непрерывного брожения в хлебно-картофельных заторах

В настоящее время вся работа на заводе ведется периодически. Бродительный чан обмывается, заполняется сладким затором с дрожжами, и когда через двое-трое суток последний сбродит, бражку спускают на перегонку, а чан снова моют, дезинфицируют и опять заливают новым затором.

При производстве спирта из сульфитных щелоков уже осуществлено непрерывное брожение по способу Рэмера. Оно интересно тем, что значительно упрощает работу в бродительном отделении и увеличивает производительность завода.

Проф. С. В. Лебедев¹ работает во Всесоюзном научно-исследовательском институте спиртовой промышленности над вопросом непре-

¹ См. журн. «Бродильная промышленность» № 9, 1932 г.

рывного брожения паточных и хлебно-картофельных заторов и очень много сделал в этой области. По его мнению для ведения непрерывного брожения следует работу на заводе вести в следующем направлении.

1. Всю воду для производства следует очистить и стерилизовать, например посредством хлорирования.

2. Солод следует мыть в хлорированной воде, подробить в очень тонкое солодовое молоко и стерилизовать прибавлением к нему антисептика.

3. Зерно следует обрушить, чтобы кожура его не засоряла труб и чанов при непрерывной работе. Варку в запарниках Генце нужно производить обычным путем.

4. Затираание следует вести в закрытом чану, причем дробину отделить и затор стерилизовать¹. Сладкий затор поступает через трубчатый холодильник в 1-й бродильный чан.

5. Заквашивание можно производить или с добавлением серной кислоты или заквашивать часть заторной массы путем непрерывного молочнокислого закисания в 3—4 закрытых бродильных сосудах и затем производить стерилизацию, охлаждение и добавление этой части к главной заторной массе.

6. Непрерывное брожение ведется в 7 герметически закрытых бродильных чанах, каждый из которых имеет трубчатый холодильник для поддержания в нем нужной температуры. Для очистки от осадков, образующихся во время брожения на стенке и дне чанов, один из 7 бродильных чанов выключается последовательно из работы.

7. На заводе должен быть аппарат Линднера для получения большой матки дрожжей чистой культуры, которые время от времени вводятся в производство.

Проф. С. В. Лебедев приступает к опытам в полужаводском масштабе по непрерывному сбраживанию патоки.

БРОДИЛЬНЫЕ ЧАНЫ ОТКРЫТЫЕ И ГЕРМЕТИЧЕСКИ ЗАКРЫТЫЕ, ИХ УСТРОЙСТВО И РАЗМЕРЫ

Выбор материала для чанов

Бродильные чаны изготавливаются: цементные, деревянные, железные. Самый неподходящий материал — цемент. Изготавливали обычно чаны из кирпича, который покрывали цементной штукатуркой; были случаи изготовления бетонных чанов. Последние чаны крупных размеров устанавливают на пивоваренных заводах, но на спиртовых заводах они распространения не нашли. Объясняется это тем, что бражка на спиртовых заводах часто имеет высокую кислотность, много выше, чем на пивоваренных; кислота разъедает щелочной цементный верхний покров чана; на поверхности стенок чана получаются ямки, щели, куда проникают микробы, образуя постоянные очаги заразы, которые наносят большой ущерб производству. Пробовали покрывать чаны лаком, но это не помогало, так как лак кое-где отставал от стенки и под ним были колонии вредных микроорганизмов.

¹ Специальная стерилизация излишня, если затираание проводится в стерильных условиях, что предусматривается работами по непрерывному развариванию и осахариванию, проводимыми в ВНИИСП. *Прим. ред.*

Кроме того цементно-кирпичные чаны тем нехороши, что понижают температуру бражки в чанах. Поэтому в настоящее время чанов цементных не устанавливают, а изготовляют бродильные чаны либо деревянные, либо железные.

Деревянные открытые чаны

Для изготовления деревянных бродильных чанов следует выбрать чистый материал без сучков. Наиболее подходящим считается дуб, сосна или пихта. Толщину доски должны иметь 8—10 см, в зависимости от величины чана. Высоту чана делают равной диаметру или несколько больше, чтобы уменьшить поверхность испарения спирта в чану. Чтобы предупредить сильное впитывание воды деревом, чан, после того как доски просохли, вымазывают изнутри очень горячим вареным льняным маслом, а снаружи карболинеумом или масляной краской; нижнюю сторону днища вымазывают газовой смолой. Фундамент под чаном имеет диаметр меньший чана, так что стены чана свеживаются над ним. Для предотвращения днища от гниения необходимо, чтобы к нему был постоянный доступ воздуха, для чего делают в фундаменте канавки для прохода воздуха. Железные обручи, стягивающие чан, изнутри лудят оловом, а сверху красят масляной краской. Во избежание постоянного большого закисания в чанах, необходимо, чтобы внутренняя поверхность их была совершенно гладкая; она часто бывает губчатая, шершавая, и тогда необходимо ее хорошо постругать.

Промежутки между чанами делают минимально в 0,35 м, чтобы чан был вполне доступен для очистки со всех сторон.

Что касается величины чанов, то она зависит от требования производства; в Америке встречаются чаны емкостью до 30 000 дкл. Дерево мало теплопроводно, и потому температура бражки в деревянных чанах не подвергается так влиянию наружной температуры, как в железных.

Деревянные чаны с крышками

Уже раньше было указано, что ведение брожения в открытых бродильных чанах невыгодно, так как оно сокращает выход спирта на 2—2,5%. Чтобы избежать такой постоянной потери спирта, стали бродильные деревянные чаны накрывать крышками. Последние делают или съемными, как например крышка Ф и ш е р а (рис. 114), или подъемными, как крышка Ш т р а у х а (рис. 115). Обе эти крышки для достижения герметичности имеют кругом чана жолоб с водой. Выходящая из чана урлещислота промывается в воде, налитой в жолоб, и в этой воде оставляет увлеченный ею спирт; эта содержащая спирт вода спускается время от времени в бражку. Наружный воздух с его вредными для брожения микроорганизмами не может проникнуть внутрь чана, так как гидравлический затвор, в качестве которого служит вода, налитая в жолоб, этому мешает. По этим причинам крышки на чанах и получили известное распространение. Но снятие громоздких крышек было довольно затруднительно. Поэтому Ш т р а у х для облегчения съемки крышки устраивает противовес. На чанах с емкостью в 600 дкл и больше крышки Ш т р а у х а получаются громоздкими, и вместо них устраивают крышки, снима-

ющиеся с помощью поворотного крана (рис. 116). Прикрепление крышки к чану помощью болтов было неудобно, так как между флянцем крышки и краями чана появлялись очаги заразы; затем частое пропа-

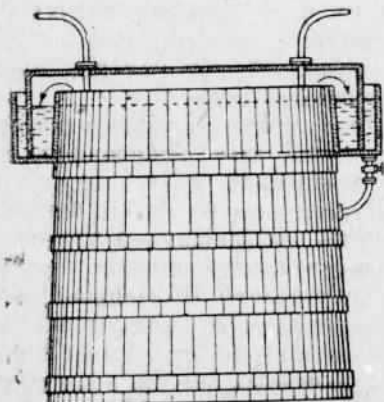


Рис. 114. Съемная крышка для бродильного чана Фишера.

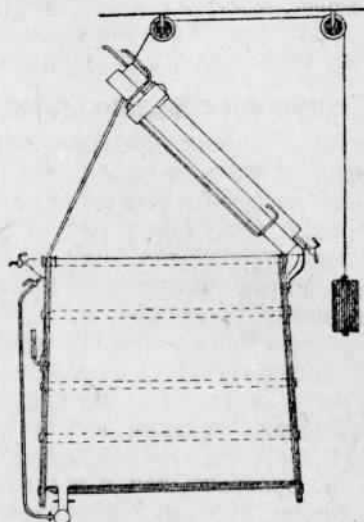


Рис. 115. Подъемная крышка для бродильного чана Штрауха.

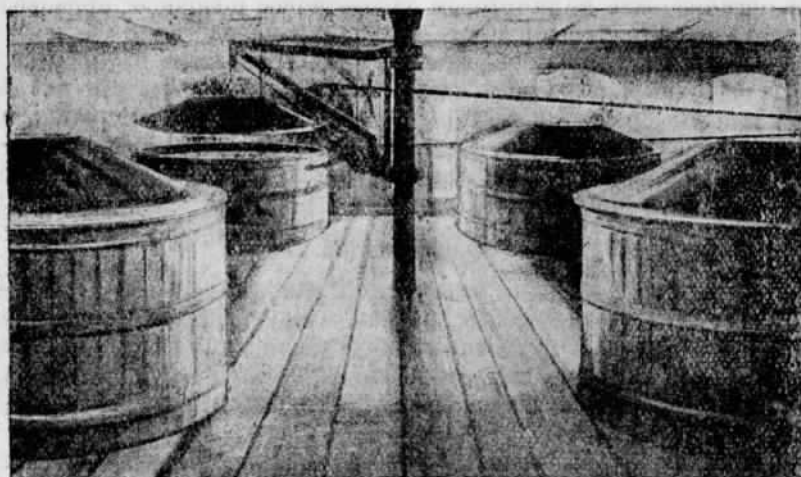


Рис. 116. Съемные крышки для бродильных чанов, передвигаемые посредством поворотного крана.

ривание чана, необходимое для соблюдения чистоты при ведении брожения в закрытых чанах, очень быстро портит деревянный чан, который без того мог бы долго служить.

Обычно при пропаривании деревянного чана сильно нагреваются внутренние слои дерева, а наружные остаются при температуре, близкой к комнатной; внутренние слои расширяются значительно больше, чем наружные, а потому нарушается плотность швов между клетками чана, происходит расслаивание слоев дерева и пр. В виду этого стали переходить на герметически закрытые железные бродильные чаны.

Герметически закрытые железные бродильные чаны

В герметически закрытых бродильных чанах крышка наглухо прикреплена к чану, а углекислый газ отводится по трубе в чан с водой, который называют ловушкой, или промывалкой, так как газ, проходя через воду, оставляет в ней спирт, увлекаемый газом.

Такая промывалка, или ловушка, для спирта не только сокращает потери спирта во время брожения, но также дает возможность иметь более чистое брожение, так как вода прекращает доступ внутрь чана посторонним, вредным для процесса спиртового брожения бактериям. Кроме того получается возможность собрать выделившуюся углекислоту для утилизации ее. При крупных спиртовых заводах возможно устройство специальных отделений для утилизации углекислоты. Выделившийся углекислый газ, при сжатии посредством компрессора под давлением в 60 атм., превращается в жидкую углекислоту, которая имеет широкое применение. Жидкая углекислота при дальнейшем сжатии в компрессоре дает твердую углекислоту, или «сухой лед» — ценный продукт, могущий быть использованным для целей охлаждения.

Герметически закрытый бродильный чан дает таким образом возможность организовать на спиртовом заводе новое побочное производство для использования углекислоты — отхода производства.

Что касается влияния совершенного закрытия чана на процесс брожения, то можно указать на исследования Виндиша, которые показали, что при ведении брожения в закрытых чанах, в которых имеется постоянное давление углекислоты, дрожжи размножаются совершенно нормально и бродильная сила их больше, чем у дрожжей, развивавшихся без давления углекислого газа.

Форма чанов

В отношении установки железных бродильных чанов спиртовая промышленность уже имела опыт, так как заводы, работающие по способу «амило» (см. стр. 129) с применением для осахаривания крахмала кукурузы вместо солода плесени «амиломицесс», давно вели с успехом брожение в герметически закрытых железных бродильных чанах емкостью до 16 000 дм³ и больше.

Железные бродильные чаны устраивают цилиндрической формы или в виде лежащих горизонтальных цилиндров (рис. 117 и 119), или же в виде стоячих вертикальных цилиндров (рис. 118, 120 и 121).

Общим недостатком железных бродильных чанов той и другой формы является большая теплопроводность железных стенок, которые зимой, если бродильное отделение не отапливается, сильно охлаждают бражку, а летом содействуют подъему в ней температуры. Это охлаждающее действие большой цилиндрической поверхности, понижающее температуру

содержимого в чанах далеко ниже нормы, замедляет процесс брожения и понижает выход спирта. В этом отношении весьма невыгодно делать узкие чаны, в которых диаметр в 2—3 раза меньше длины образующей

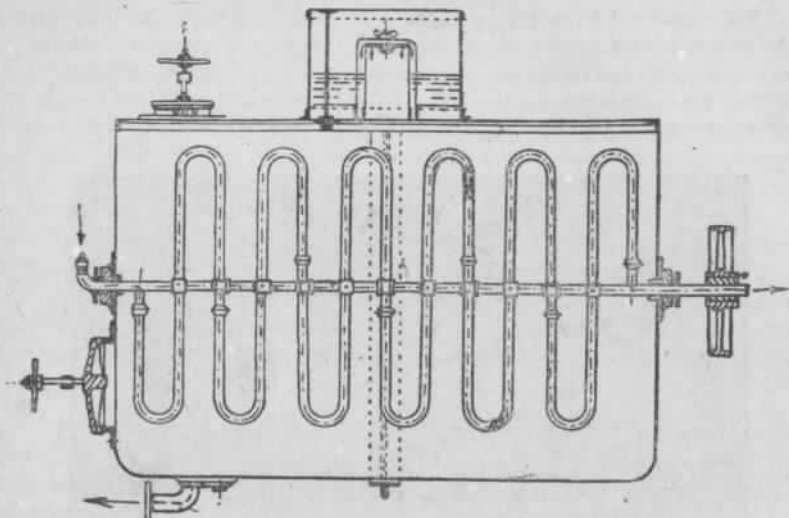


Рис. 117. Бродительный чан Ульриха и Генриха с холодильным змеевиком-мешалкой.

Лаз. для чистки

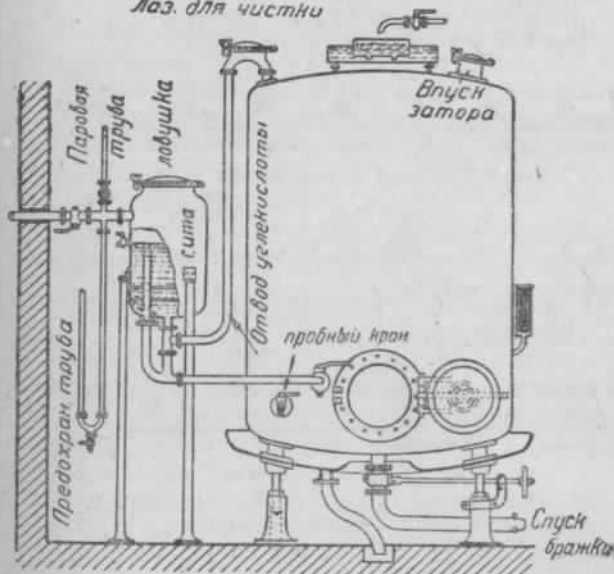


Рис. 118. Вертикальный железный герметически закрытый бродительный чан с наружным охлаждением, отдельно стоящей ловушкой.

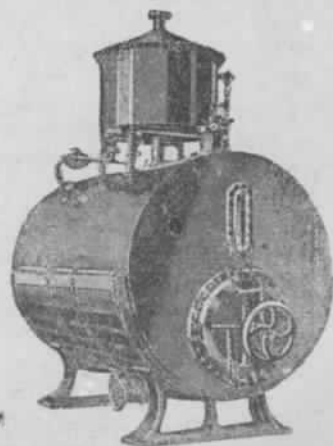


Рис. 119. Бродительный чан с ловушкой фирмы Теодор Фуке.

цилиндра или высоты, так как в них величина цилиндрической поверхности на единицу объема больше, чем в чанах, в которых диаметр равен или только немного меньше высоты. При таких узких чанах, как показал опыт, необходимо для хорошего исхода брожения иметь в бродильном отделении хорошо застекленные двойные оконные рамы и отапливать бродильное отделение (используя для этого горячую воду, отходящую из дефлегматоров аппаратов) с целью поддержания в помещении постоянной температуры в 15—20° Ц.

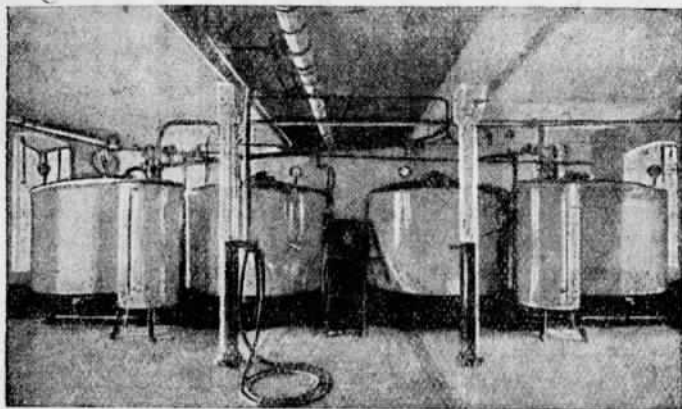


Рис. 120. Общий вид бродильного отделения германского спиртового завода с герметически закрытыми вертикальными чанами и отдельными вертикальными ловушками.

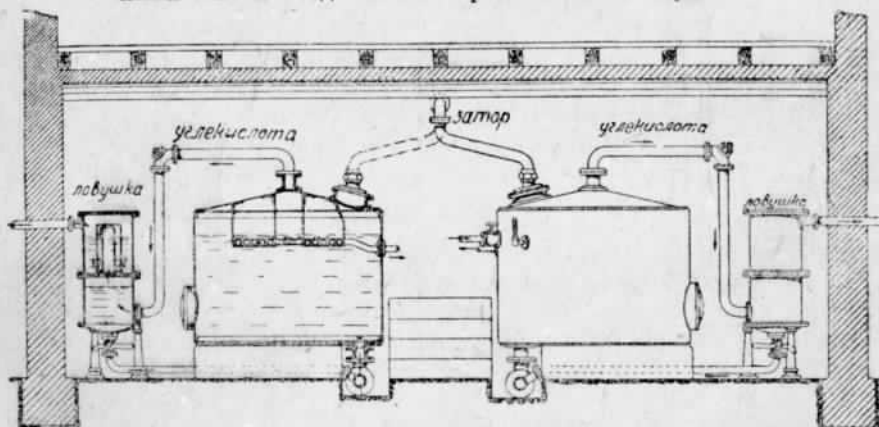


Рис. 121. Два ряда бродильных чанов с отдельными ловушками и подвешенными к крышке холодильными змеевиками.

Форма чана играет еще большую роль в другом отношении. Когда сливают в бродильный чан несколько заторов, из которых некоторые уже находятся в периоде брожения, то важно, чтобы была легкая возможность хорошо смешать заторы. Конечно, очень хорошо, когда для этой цели имеется мешалка, как например в чане, показанном на рис. 117. Но

если машалки нет, то ясно, что в горизонтальном, длинном и узком чану размешивание вновь приливаемых заторов с ранее залитыми труднее, чем в вертикальном (рис. 118), в котором частичное размешивание производит выделяющаяся углекислота. Чтобы дать удобный и быстрый выход бражке из чана без остатка, делают нижнее днище чашеобразным; верхнее же днище делают выпуклым, как изображено на рис. 118, для удобного и быстрого выхода из чана воздуха и углекислого газа.

Чтобы дать возможность легко очистить всю внутреннюю поверхность чана от остатков бражки, стараются эту поверхность сделать совершенно гладкой, без выступов. Для этой цели чаны не склепывают, а листы сваривают помощью электросварки.

Для легкой мойки чана из водяной пиланги с брандсбойтом, для быстрого удаления углекислого газа, для размешивания при спуске бражки с толстой крышкой делают выше дна широкий лаз диаметром в 0,5 м, как изображено на рис. 118 и 119. Необходимо, чтобы этот лаз очень тщательно закрывался, иначе возможна очень большая утечка бражки.

Объем чанов

Для лучшего использования всего оборудования завода стремятся готовить заторы в 19° Вал, которые должны дать бражку, содержащую не менее 90% спирта. Однако нередки случаи, когда перерабатывают сырые материалы, содержащие мало крахмала, и бражка содержит только 7—8% спирта.

Если сырой спирт, получаемый на заводе, будет иметь нормальную крепость в 90% объемных, то на 1 дкл сырого спирта бражка будет иметь объем, равный $90 : 8 = 11,25$ дкл; прибавляя к этому 15% емкости на подъем бражки во время брожения, имеем, что на каждый декалитр сырого 90%-ного спирта, получаемого на заводе, бродильный чан должен иметь емкость в 13 дкл.

Если считать, что в производство поступает картофель, содержащий 18% крахмала, и верно, содержащее 52% крахмала, то на каждую 1 000 кг картофеля требуется бродильный чан емкостью в 157 дкл, а на 1 000 кг зерна—чан емкостью в 400 дкл.

Как выше уже указано, железные чаны устраивают таких размеров, что высота их равна приблизительно 1,1—1,2 диаметра.

Ловушка для улавливания спиртовых паров, выделяющихся с углекислотой

Ловушка устраивается или отдельно стоящая, рядом с чаном (как изображено на рис. 118, 120 и 121) или стоящая над бродильным чаном (рис. 117 и 119). Первую можно устроить там, где имеется достаточно просторное помещение, а вторую—там, где в бродильном отделении тесно, но достаточно просторно над чаном.

В ловушке, изображенной на рис. 118, углекислый газ из бродильного чана входит через центральное отверстие в днище ловушки, в которой стоит слой воды высотой 0,8—1,2 м. Чтобы хорошо промыть газ и забрать весь спирт, в ловушке помещаются внизу два сита с мелкими отверстиями; углекислый газ, проходя через множество мелких отверстий сит, разбивается на маленькие струйки и хорошо промывается. После промывания газ выходит из ловушки по трубке с краном, изображенной

слева, либо на воздух, либо в газовый сборник—газгольдер, а спиртовая вода периодически спускается в резервуар для бражки. Ловушка может устанавливаться и на полу на ножках, как это видно на рис. 118 и 120.

На рис. 117 газ непосредственно из бродильного чана проходит в ловушку без соединительной трубы, встречает колпак, заставляющий

его проходить через воду в ловушке. На рис. 122 изображена такая же ловушка, но более совершенная, в которой газ промывается двукратно. Такие ловушки с двукратным промыванием газа по инициативе т. Куновского нашли у нас в СССР наибольшее распространение.

Куновский производил исследование, чтобы выяснить, не выгоднее ли будет устанавливать вместо обыкновенной промывалки другие, более сложной конструкции.

На рис. 123 показана ловушка Куновского, в которой углекислый газ т парами спирта проходит через трубчатый змеевик расположенный внутри сосуда, через который циркулирует холодная вода. Спиртовые пары, сгустившиеся в змеевике, стекают в чан; не успевшие сгуститься пары проходят через контрольную ловушку обычного типа.

На рис. 124 показана ловушка Куновского другого типа, где углекислый газ со спиртовыми парами поступает внутрь вертикальных труб трубчатого конденсатора, в котором между трубками циркулирует холодная вода. Спир-

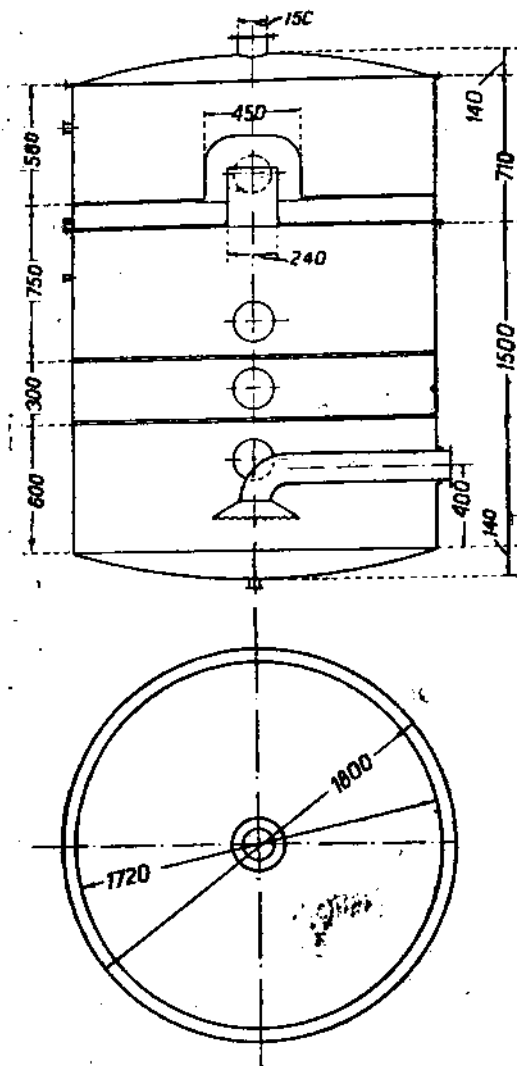


Рис. 122. Ловушка Кузнецова и Бернштейна с тремя системами и контрольной ловушкой.

товые пары конденсируются на внутренней поверхности трубок и стекают обратно в бродильный чан; несгустившиеся в конденсаторе спиртовые пары поступают в контрольную промывалку обычного типа.

Специальная комиссия, выяснявшая преимущества ловушек, изображенных на рис. 123 и 124, нашла, что действие их одинаково с ловушкой обычного типа (рис. 118 и 122), но, что расход воды у них больше. Вследствие этого ловушки Куновского этих типов не нашли себе широкого применения.

На ловушке или на самом чану устанавливается предохранительный клапан, который открывается автоматически в случае, если забыли открыть выпускной вентиль для углекислоты и в бродильном чану давление поднимается выше 1 500 мм

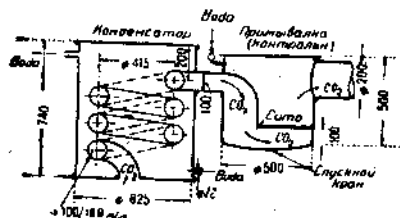


Рис. 123. Ловушка со змеевиком.

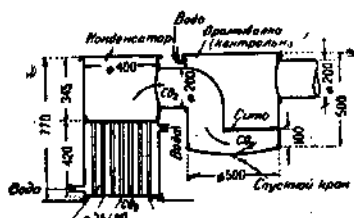


Рис. 124. Ловушка в виде конденсатора.

водяного столба. Были случаи, что при отсутствии такого предохранительного клапана в бродильном чану получалось очень большое давление, которое распирало стенки, крышку чана и деформировало последний.

На рис. 118 показан слева такой предохранитель в виде глубокой U-образной трубы с гидравлическим затвором.

Крышка ловушки делается либо съемной, либо поднимающейся, чтобы возможно было легко и основательно почистить ловушку внутри. Сита в ловушке тоже вынимаются.

Объем ловушки равен 4—5% общего объема чана, причем объем воды в ней равен 60% емкости ловушки. Ловушка имеет стекла для наблюдения за уровнем жидкости в ней и пробные краны для испытания, сколько спирта содержится в воде ловушки. Краны должны быть приспособлены так, чтобы их можно было легко прочистить.

Каждый бродильный чан должен иметь свою отдельную ловушку, как это изображено на рис. 120. Некоторые устраивают одну ловушку на 2—3 бродильных чана, что неудобно, так как таким путем легко переносится заражение из одного чана в другие чаны. Оно совсем недопустимо, когда углекислый газ назначен для утилизации, ввиду того, что при этом трудно избежать попадания в какой-либо чан воздуха, а углекислота, смешанная с воздухом, совершенно не поддается сжатию. При пропаривании чанов с общей ловушкой нередко бывали случаи, что пар шел и в чан, находившийся в периоде главного брожения, и наносил большой вред.

При отдельной ловушке при каждом чане имеется еще то удобство, что коммуникация очень мала.

Ловушка-промывалка действует только тогда исправно, т. е. действительно поглощает спирт, увлекаемый углекислотой, когда вода в ней содержит мало спирта (1—3%); когда же вода в промывалке более насытится спиртом и содержание спирта в ней приближается к процентному со-

держанию спирта в бражке, тогда она бездействует. Поэтому следует контролировать крепость спирта в ловушке и своевременно менять в ней воду.

Расход воды на промывалки равен приблизительно 2—3% от емкости бродильного чана.

Чтобы достигнуть успеха с наименьшим количеством промывной воды, технорук должен около каждой ловушки повесить расписание, сколько раз в какие часы следует менять воду в этой ловушке.

Холодильные приспособления в герметически закрытых бродильных чанах

Температуру брожения в железных чанах первое время регулировали помощью поливания наружной поверхности чана холодной водой. Способ этот не совсем удобный; в бродильном отделении, вследствие постоян-

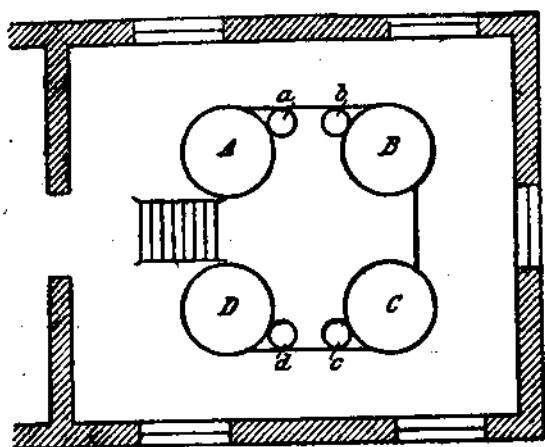


Рис. 125. План бродильного помещения германского спиртового завода с 4 бродильными чанами и 4 ловушками.

ного испарения таких огромных поверхностей воды на стенках чанов, получается большая сырость. Вода часто не распределяется равномерно по всей поверхности чана, а только по одной части ее; железо быстро ржавеет; на поверхности его часто поселяется плесень. В больших чанах такое охлаждение недостаточно для урегулирования температуры в бражке. В виду этого на наших спиртовых заводах избегают поверхностного охлаждения и устраивают в чанах внутренние холодильные змеевики.

На рис. 119 показано поверхностное охлаждение, которое закрыто и не дает возможности испаряться воде. В этом отношении оно лучше открытого поверхностного охлаждения, показанного на рис. 118, но конструкцию эту следует считать неудачной, потому что расхоленные слои бражки остаются внизу, а теплые—вверху, и движение в бражке вызывается только поднимающимися вверх пузырьками углекислого газа.

Более удачным следует считать оборудование, показанное на рис. 117, где холодильный змеевик служит одновременно и мешалкой; но такое оборудование дорого и требует постоянной затраты механической силы, а потому оно не нашло у нас распространения.

Конструкция холодильника, показанная на рис. 121, в виде горизонтально расположенного змеевика, подвешенного к верхней крышке чана на расстоянии 1 м от нее, весьма целесообразна в тех случаях, когда в чан поступает один или только 2—3 затора. При таком расположении змеевика расхоленные, более плотные слои бражки опускаются вниз,

а теплые слои снизу поднимаются вверх. Образуется естественное течение жидкости, содействующее уравниванию температуры во всех частях чана. Когда в бродильный чан поступают 8—10 заторов, и расхолаживание необходимо начать еще тогда, когда бродильный чан залит только на одну треть или на половину, необходимо иметь замеевик, расположенный ниже. В таких случаях замеевик располагают кольцеобразно, параллельно стенкам, как в заторном чану. Нижние замеевики располагают выше отверстия нижнего лаза и на расстоянии приблизительно одной четверти всей высоты чана от дна.

Во время главного брожения выделяющаяся углекислота производит сильное перемешивание жидкости. При сливе в один бродильный чан 8—9 заторов хорошо их сначала размешать. Удобно для этого устроить на дне чана барбатор и производить размешивание посредством сжатого воздуха от компрессора.

В барбаторе отверстия должны быть обращены вниз, чтобы было удобно выдуванием удалить из него остатки бражки.

Поверхность охлаждения замеевика составляет $0,25 \text{ м}^2$ на каждые 100 дм бражки.

Очень важно прочно укрепить холодильный замеевик, чтобы он не гнулся, когда рабочий на нем станет для очистки его; вместе с тем важно устроить его так, чтобы все уголки замеевика были легко доступны для очистки. В этом отношении нехорошо укреплять замеевик по способу, указанному на рис. 126, справа, так как при этом трудно удалить остатки бражки, лежащие между трубами и поддерживающими их железными полосами. Лучше производить это по способу, указанному на этом рисунке с левой стороны.

С точки зрения более легкой очистки следует избегать соединять трубы внутри чана на фланцах, а надо соединять их на муфтах.

Чтобы понизить расход воды на расхолаживание, пропускают воду через замеевики двух или даже нескольких (в зависимости от температуры воды) чанов последовательно.

Заторный трубопровод к бродильным чанам

Заторный трубопровод необходимо устраивать так, чтобы после выкачки возможно было сейчас же очистить все уголки внутри его от остатков затора, иначе в них могут появиться очаги заразы. С этой точки зрения нельзя одобрить общий трубопровод для всех чанов, с патрубками, укрепленными наглухо при каждом чане¹. Лучше устроить над чаном трубу с поворотным концом (см. рис. 121), который можно направить, по желанию, в верхний лаз любого чана для выкачки в него затора, или же в сторону для промывки всего трубопровода холодной или горячей водой. Диаметр заторного трубопровода обычно равен 100 мм.

Трубопровод для углекислого газа

Трубопровод должен быть достаточного диаметра для выпуска максимального количества углекислого газа. При узких

¹ Чистоту в заторном трубопроводе необходимо поддерживать периодическим его пропариванием. При этом условии может быть применен и общий трубопровод, здесь описанный. (Прим. ред.).

трубах для углекислоты образуется в бродильном чану слишком большое давление; кроме того углекислота проходит через воду промывалки с очень большой скоростью, и потому вода плохо удерживает спирт.

Если случайно бродильщик забыл открыть кран для выхода углекислоты, то в чану образуется во время брожения такое большое давление, что распирает стены или крышку чана, сильно деформируя их. Поэтому на каждом бродильном чану должен быть предохранительный клапан, который открывался бы автоматически при подъеме давления внутри

чана выше 0,2 атм. Обычно такой предохранительный клапан устанавливают на ловушке. Иногда его устраивают в виде U-образной трубы, как показано на рис. 118, причем мешок этой трубы должен иметь глубину 1,25—1,5 м.

В виду вышеуказанного газопровод должен иметь достаточный диаметр, который рассчитывается соразмерно с количеством отходящего углекислого газа, причем можно считать, что во время главного брожения сбраживается в час 1° Бал., т. е. вес сброженного за час сахара равен приблизительно 0,01 веса затора.

Примерно для затора емкостью в 4 000 джл, если считать его удельный вес равным 1, количество сбраживаемого в час сахара равно 1% от веса затора: $40\,000 \times 0,01 = 400 \text{ кг}$. Считая вес углекислоты равным 0,49 по весу сброженного сахара, имеем, что вес выделившейся за час углекислоты равен $400 \times 0,49 = 196 \text{ кг}$. Считая, что вес 1 м³ углекислоты при температуре брожения 27—28°C равен 1,8 кг, имеем, что в среднем выделяется в час за время главного брожения $196 : 1,8 = 109 \text{ м}^3$

Рис. 126. Способы укрепления холодного медного змеевика.

углекислого газа. Но выделение газа идет неравномерно, и можно считать, что в периоде главного брожения выделение газа будет вдвое больше, и потому трубопровод следует рассчитать на выделение $109 \times 2 = 218 \text{ м}^3$ газа в час.

Если принять, что газ движется со скоростью 3 м/сек, или $3\,600 \times 3 = 10\,800 \text{ м/час}$, то диаметр трубы должен равняться

$$D = \frac{218 \cdot 4}{3,14 \cdot 10800} = 0,16 \text{ м} = 160 \text{ мм}.$$

Газ увлекает не только пары спирта, но также и мелкие частицы бражки. Для чистоты брожения необходимо так устроить трубопровод

и ловушку, чтобы их легко и быстро можно было очистить от остатков бражки и помыть начисто. Очень удобно в этом отношении устройство трубопровода, показанное на рис. 118, где на коленях имеются лазы для чистки трубопровода.

Трубопровод для бражки

Бражка обычно поступает по трубопроводу из бродильного чана в передаточный резервуар, а иногда непосредственно к бражному насосу. При втором устройстве, которое иногда предпочитают в последнее время, избегают передаточного резервуара, считая, что при спуске бражки в последний неизбежна потеря спирта вследствие испарения. Поэтому при 9 бродильных чанах ставят 10-й запасный, и прямо из него качают бражку бражным насосом на аппарат¹. Диаметр бражный трубы должен быть не меньше диаметра всасывающей трубы бражного насоса. От каждого бродильного чана идет патрубок, снабженный клапаном Лудло, к общей бражной трубе. Для очистки этого патрубка, на случай его засорения, К у н о в с к и й советует поставить вход паропроводной трубы для пропаривания бродильного чана между клапаном для спуска бражки и самим бродильным чаном и там же устроить выход трубы для спуска промывной воды. Тогда можно будет пробить паром краны в случае их засорения как на бродильной, так и на промывной трубе. Следует устроить общую трубу диаметром 500 мм для спуска грязных промывных вод при мойке чана, чтобы не спускать этой воды прямо на пол и не загрязнять бродильного отделения.

Удаление углекислого газа из бродильного чана перед очисткой чана

Бражку нередко пускают на аппарат для перегонки еще в то время, когда она заметно бродит, и после спуска чан заполнен углекислым газом. Влезть в такой чан весьма опасно, так как в среде углекислоты человек задыхается. Были многократные случаи смерти по этой причине. Перед тем, как влезть в чан, следует опустить в него горящую свечу, и если она продолжает гореть и не гухнет, только тогда можно безопасно влезть.

Для быстрого удаления углекислого газа из чана в нем устраивают внизу широкий лаз (см. рис. 118 и 119) диаметром в 500—600 мм; он удобен тем, что через него быстро выходит углекислота вследствие своего большого удельного веса (так как она в 1,5¹ раза тяжелее воздуха); он желателен также и для того, чтобы бродильщику было удобно и легко хорошо вымыть чан.

Такой лаз и крышка к нему должны быть очень аккуратно выполнены; закрывать их надо весьма старательно и внимательно, так как иначе через лаз будет все время вытекать бражка и будут потери спирта. По этой причине иногда ограничиваются установкой в нижней части чана только регарды, какие устанавливают на брагоперегонных аппаратах. Но через такую маленькую регарду удаление углекислоты про-

¹ Отсутствие посредствующего резервуара для бражки у аппарата нельзя признать рациональным, в особенности при значительном расстоянии между наиболее далеко от аппарата расположенным бродильным чаном и брагоперегонным аппаратом. Необходимо, чтобы объем резервуара обеспечил 2—3 часовую работу аппарата и кроме того обязательно тщательное соблюдение чистоты в нем.

ходит медленно. В таких случаях следует чан пропарить, что содействует более быстрому удалению газа, но и тогда удаление углекислоты длится 2—3 часа. Чтобы охладить чан после пропаривания, пропускают воду на холодильный змеевик. После основательной очистки чана и ловушки внутри следует чан, ловушку и трубопроводы основательно пропарить, так, чтобы температура 105 — 110° Ц продержалась в них не менее получаса. Для этой цели термометры, устанавливаемые в бродильных чанах, должны иметь высшую температуру не менее 120° Ц.

Помещение бродильного отделения

Помещение бродильного отделения должно быть светлым, с двойными оконными рамами и с отоплением. Пол должен быть цементным или из гладких плиток, с уклоном в сторону канавы, чтобы грязь не задерживалась и чтобы можно было легко ее смыть. Стены и потолок в тех частях, которые могут быть обрызганы затором или бражкой, должны быть покрыты масляной краской, чтобы их можно было легко мыть.

Те части стен и потолка, которые нельзя мыть, следует почаще белить хлорной известью.

Между чанами и ловушками должен быть достаточный проход для возможности хорошей мойки наружных стенок чанов.

Дверицы, площадки и верхние крышки чанов должны иметь ограждения во избежание несчастных случаев.

Если нижняя часть бродильных чанов лежит ниже уровня земли, в подвальном помещении, то необходимо для удаления углекислого газа или поставить вентилятор, или соединить низ бродильного отделения широкой гончарной трубой с поддувалом толки парового котла.

СУЖДЕНИЕ О КАЧЕСТВЕ РАБОТЫ БРОДИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Техническому руководителю завода важно знать как можно раньше, каковы результаты его работы: хороша ли она или плоха; и если плоха, то в чем именно ошибки в ведении производства и как их исправить. Более точный ответ на эти вопросы дает химический контроль и учет производства, которые производит химическая лаборатория при заводе и о методах проведения которых излагается в специальных руководствах. Среди определения этих методов контроля имеются самые основные и важные, которые необходимо производить в каждом заторе для того, чтобы знать немедленно, правильно ли ведется работа на заводе.

В контроле работы бродильного отделения особенно важно определять степень отбрады бражки, или баллинг ее, и степень закисания бражки за время брожения.

Исследование затора посредством сахарометра

Так как определение в каждом заторе содержания мальтозы и декстринов, из которых добывают путем брожения спирт, отнимает много времени, то в заводской практике содержание сахара в каждом заторе определяют более легким, но грубым способом — помощью сахарометра Баллинга

Сахарометр Баллинга представляет собой обыкновенный ареометр, или стеклянный волчок, употребляемый для определения удельного веса жидкости. При погружении в жидкость он, вследствие своей формы и груза в нижнем шарике, плавает в ней всегда вертикально, причем погружается в жидкость он тем глубже, чем меньше ее удельный вес и чем меньше в ней растворено сухих веществ. Наоборот, в жидкости густой, имеющей большой удельный вес и большое содержание сухих веществ в растворе, он погружается меньше, и его стеклянная трубочка, внутри которой помещена шкала с делениями, выходит из жидкости наружу.

Баллинг приготовил свой сахарометр для чистых растворов тростникового сахара, в которых этот прибор показывает весовые проценты. В дистиллированной воде он показывает 0, в растворах, в которых на 90 г воды содержится 10 г сахара, он показывает 10,0; в растворах, содержащих 85 г воды и 15 г сахара, он показывает 15,0.

Для удобства и большей точности работы с сахарометрами при измерениях концентрации заторов изготовляют несколько маленьких сахарометров с делениями 0—5° Бал, 5—15° Бал, 15—25° Бал вместо одного с делениями 0—25° Бал.

Сахарометр Баллинга прямо показывает весовое процентное содержание сахара только в чистых растворах тростникового сахара. Хлебно-картофельные заторы спиртового завода содержат из углеводов мальтозу и декстрины и совершенно не содержат тростникового сахара; кроме того в заторах находятся в растворе минеральные вещества, органические кислоты и их соли, белковые вещества и др.

Тем не менее употребление сахарометра в технике брожения имеет свои основания.

1. Определив баллинг фильтрата, мы знаем, сколько в нем имеется сухих веществ. Так, если при погружении сахарометра в фильтрат затора он показал 18,8°, то мы можем сказать, что 100 кг фильтрата затора содержат в растворе 18,8 кг сухих веществ и 81,2 кг воды¹.

2. Зная баллинг затора, можно помощью приводимой здесь табл. 14 определить удельный вес затора, и таким образом определить, сколько килограммов весят 100 л фильтрованного затора. Например: сладкий затор, который показывает 18,4° Бал, имеет уд. вес 1,0762, и следовательно 100 л его весят 107,62 кг.

3. Хотя сахарометр Баллинга показывает только сумму сухих веществ разнообразного состава, содержащихся в 100 вес. ч. затора, однако, зная видимый коэффициент доброкачественности сладкого затора (см. стр. 112), можно легко вычислить процентное содержание сахара в заторе.

Для определения баллинга фильтруют затор через полотняный или другого рода мешочек в закрытом цилиндре, соблюдая следующие правила:

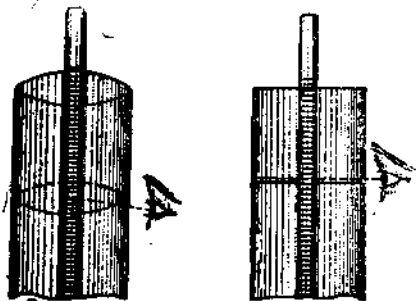
1) для фильтрования каждой новой пробы надо брать мешочек, тщательно вымытый и высушенный;

¹ Хотя это не совсем верно, так как удельный вес сухих веществ затора несколько иной, чем удельный вес тростникового сахара, для растворов которого и предназначен сахарометр Баллинга; но ошибка эта для наших технических целей большой роли не играет и ею пренебрегают.

2) сахарометр должен быть безусловно чистым и сухим;

3) сахарометр надо опускать в жидкость медленно и осторожно, чтобы не смочить верхней части его; стакан должен стоять вертикально и быть достаточно просторным, чтобы сахарометр плавал в жидкости свободно и не прилипал бы к стенкам.

При отсчитывании показаний сахарометра надо держать глаз в уровень с горизонтом жидкости в стакане (рис. 127). Место, где шкала сахарометра встречается общий горизонт жидкости в стакане, дает показание сахарометра. Это место всегда (см. рисунок) на несколько десятых ниже



уровня, до которого прилипает жидкость к трубочке сахарометра вследствие смачивания, как показано на рисунке справа.

При отсчитывании следует десятые доли градуса присчитывать к ближайшему верхнему показанию сахарометра. Так, если сахарометр погружен в жидкость между 19° и 20° и от горизонта жидкости видны три деления вниз до 20° и семь делений вверх до 19°, то правильное показание сахарометра будет 19,7° Бал.

Показание сахарометра будет правильным только при нормальной тем-

пературе, т. е. при той температуре, которая показана на его шкале.

Обыкновенно эта температура в зависимости от калибровки равна или 17,5° Ц, или 15,5° Ц, или 20° Ц. При температурах выше нормальной жидкость имеет меньший удельный вес, сахарометр глубже погружается в жидкость и показание его будет ниже нормального. Наоборот, при температурах ниже нормальной температуры показание сахарометра будет выше нормального. Поэтому при пробе затора сахарометром необходимо всегда производить поправку на температуру жидкости, плотность которой определяют. Эту поправку в тех случаях, когда температура фильтрата выше нормальной, следует прибавлять к полученному показанию сахарометра, и наоборот, если фильтрат имеет температуру ниже нормальной, поправку надо вычесть из показания сахарометра Баллинга.

В таблице 15 показаны точные поправки сахарометра на температуру. Если например сахарометр с нормальной температурой в 15,5° Ц показал в сладком заторе 19,7° Бал при температуре затора 25° Ц, то разница температур будет 9,5° Ц. По таблице 15 при 19° Бал поправка на каждый градус по термометру Цельсия составляет 0,0397, а на 9,5° Ц она составит $0,0397 \times 9,5 = 0,377$, или 0,4° Бал; следовательно истинное показание сахарометра будет: $19,7 + 0,4 = 20,1^\circ$ Бал.

Коэффициенты доброкачественности затора

Как выше уже было указано, баллинг фильтрата затора показывает общую сумму сухих веществ, растворенных в заторе. Эту сумму растворенных веществ можно разделить на обрабатываемые углеводы (маль-

Таблица 14

Сравнение показаний сахарометра Баллинга с удельным весом

Градусы Баллинга	Уд. вес за- тора при 17,5° Ц	Градусы Баллинга	Уд. вес за- тора при 17,5° Ц	Градусы Баллинга	Уд. вес за- тора при 17,5° Ц	Градусы Баллинга	Уд. вес за- тора при 17,5° Ц	Градусы Баллинга	Уд. вес за- тора при 17,5° Ц
0,0	1,000								
0,2	1,001	6,2	1,025	12,2	1,050	18,2	1,075	24,2	1,102
0,4	1,002	6,4	1,026	12,4	1,051	18,4	1,076	24,4	1,103
0,6	1,002	6,6	1,026	12,6	1,051	18,6	1,077	24,6	1,104
0,8	1,003	6,8	1,027	12,8	1,052	18,8	1,078	24,8	1,105
1,0	1,004	7,0	1,028	13,0	1,053	19,0	1,079	25,0	1,107
1,2	1,005	7,2	1,029	13,2	1,054	19,2	1,080	25,2	1,102
1,4	1,006	7,4	1,030	13,4	1,055	19,4	1,081	25,4	1,106
1,6	1,006	7,6	1,031	13,6	1,056	19,6	1,082	25,6	1,109
1,8	1,007	7,8	1,031	13,8	1,056	19,8	1,082	25,8	1,113
2,0	1,008	8,0	1,032	14,0	1,057	20,0	1,083	26,0	1,114
2,2	1,009	8,2	1,033	14,2	1,058	20,2	1,084	26,2	1,110
2,4	1,010	8,4	1,034	14,4	1,059	20,4	1,085	26,4	1,111
2,6	1,010	8,6	1,035	14,6	1,060	20,6	1,086	26,6	1,118
2,8	1,011	8,8	1,036	14,8	1,061	20,8	1,087	26,8	1,114
3,0	1,012	9,0	1,036	15,0	1,061	21,0	1,088	27,0	1,115
3,2	1,013	9,2	1,037	15,2	1,062	21,2	1,089	27,2	1,116
3,4	1,014	9,4	1,038	15,4	1,063	21,4	1,090	27,4	1,117
3,6	1,014	9,6	1,039	15,6	1,064	21,6	1,090	27,6	1,118
3,8	1,015	9,8	1,040	15,8	1,065	21,8	1,091	27,8	1,119
4,0	1,016	10,0	1,040	16,0	1,066	22,0	1,092	28,0	1,120
4,2	1,017	10,2	1,041	16,2	1,067	22,2	1,093	28,2	1,121
4,4	1,018	10,4	1,042	16,4	1,067	22,4	1,094	28,4	1,122
4,6	1,018	10,6	1,043	16,6	1,068	22,6	1,095	28,6	1,123
4,8	1,019	10,8	1,044	16,8	1,069	22,8	1,096	28,8	1,124
5,0	1,020	11,0	1,045	17,0	1,070	23,0	1,097	29,0	1,120
5,2	1,021	11,2	1,046	17,2	1,071	23,2	1,098	29,2	1,125
5,4	1,022	11,4	1,046	17,4	1,072	23,4	1,099	29,4	1,126
5,6	1,022	11,6	1,047	17,6	1,073	23,6	1,100	29,6	1,127
5,8	1,023	11,8	1,048	17,8	1,074	23,8	1,101	29,8	1,128
6,0	1,024	12,0	1,049	18,0	1,074	24,0	1,101	30,0	1,130

Таблица 15

Поправки показаний сахарометра на температуру

Показание сахарометра в %	Поправка сахаро- метра процентов на 1° Ц	Показание сахарометра в %	Поправка сахаро- метра процентов на 1° Ц
1	0,0163	11	0,0224
2	0,0166	12	0,0235
3	0,0170	13	0,0247
4	0,0175	14	0,0261
5	0,0180	15	0,0277
6	0,0185	16	0,0296
7	0,0192	17	0,0321
8	0,0199	18	0,0357
9	0,0207	19	0,0397
10	0,0215	20	0,0446

тоза + декстрины), которые в конечном результате производства должны дать спирт, и на все остальные несбраживаемые вещества, или несахар (белковые вещества, минеральные вещества, органические кислоты и пр.).

Истинным коэффициентом доброкачественности затора называют число, которое показывает, сколько частей сбраживаемых веществ (мальтоза + декстрины) приходится на 100 ч. всех сухих веществ, растворенных в фильтрате затора.

Если например анализ сладкого затора показал, что при баллинге его в 20,7° он содержит мальтозы 13,62% и декстринов 3,11%, или всего веществ, способных к брожению, $13,62 + 3,11 = 16,73\%$, то на 100 ч. сухих веществ, растворенных в заторе, приходится сбраживаемых веществ, или, как говорят, сахара, $\frac{16,73 \cdot 100}{20,7} = 80,8\%$ т. е. истинный коэффициент

доброкачественности данного затора равен 80,8%. Если фильтрат затора подвергают гидролизу посредством кипячения со слабой соляной кислотой, то все сбраживаемые вещества затора (мальтоза + декстрины) переходят в виноградный сахар, или декстрозу.

Число, показывающее, сколько частей виноградного сахара получается из 100 вес. ч. сухих веществ фильтрата затора, называется видимым коэффициентом доброкачественности затора, или коэффициентом декстрозы.

Видимым он называется в отличие от вышеуказанного истинного коэффициента доброкачественности, потому что в заторах в действительности нет декстрозы.

Зная коэффициент декстрозы и баллинг фильтрата затора, можно легко вычислить, сколько килограммов крахмала содержится в 100 кг фильтрата.

Если, например фильтрат сладкого затора имеет 20,7° Бал и коэффициент декстрозы 86,23%, то 100 кг фильтрата затора дают при гидролизе с соляной кислотой $\frac{20,7 \cdot 86,23}{100} = 17,85$ кг виноградного сахара, или декстрозы; а так как 10 вес. ч. декстрозы получаются из 9 вес. ч. крахмала, то 100 кг фильтрата затора содержат $\frac{17,85 \cdot 9}{10} = 16,065$ кг крахмала.

Как видимый, так и истинный коэффициенты доброкачественности затора находятся в зависимости от качества сырого материала, из которого приготовлен затор, и отчасти от способа работы.

Картофель, содержащий 20—22% крахмала, имеет обыкновенно гораздо меньший процент несахара по отношению к крахмалу, чем картофель, содержащий 14—15% крахмала; а потому затор в 18° Бал из 20%-ного картофеля дает более высокий коэффициент доброкачественности, чем затор из 14—15%-ного картофеля.

В зависимости исключительно от этого фактора, т. е. процентного содержания крахмала в картофеле, Сцилаги дает следующие величины для вводимого им коэффициента чистоты затора, который непосредственно выражает, сколько процентов крахмала содержат 100 ч. сухих веществ фильтрата затора:

Процентное содержание крахмала
в картофеле

Коэффициент чистоты затора, полученного из этого
картофеля, по Сидлаги

25	82,2
24	81,6
23	81,4
22	80,4
21	79,8
20	79,2
19	78,6
18	78,0
17	77,4
16	76,8
15	76,2
14	75,6

Этими цифрами нельзя пользоваться как абсолютно точными, потому что на доброкачественность затора влияют и другие факторы. Влияет например способ варки картофеля; чем выше давление пара во время варки его, тем больше сахара содержит затор, тем ниже доброкачественность затора, а соответственно этому ниже и выход спирта.

Затор, приготовленный из 18%-ного картофеля, свежего, здорового, будет иметь более высокий коэффициент доброкачественности и даст лучший выход спирта, чем затор из того же самого картофеля, но мерзлого, который приходилось варить в запарниках Генце более продолжительное время и под более высоким давлением, чем свежий картофель.

Коэффициент доброкачественности заторов зависит также от сорта картофеля, от качества почвы и способа удобрения ее. Часто бывает, что два сорта картофеля с одинаковым процентным содержанием крахмала, при одинаковых условиях работы на заводе дают заторы с различными коэффициентами доброкачественности. Понятно, что при разных сырых материалах получаются в заторе различные коэффициенты доброкачественности (табл. 16).

Таблица 16

Зависимость коэффициента доброкачественности от взятого сырого материала

Род сырого материала	Величина видимого коэффициента доброкачественности		
	максимум	минимум	среднее
Из картофеля, очень богатого крахмалом .	92	86	90
Из картофеля, богатого крахмалом	86	83	85
Из картофеля среднего качества	85	80	82
Из ржи, сваренной в запарниках Генце . .	87	84	86
Из кукурузы, сваренной в запарниках Генце	91	90	—
Из кукурузы, сваренной без высокого давления	99	—	—

Указанными в этой таблице величинами коэффициента декстрозы можно пользоваться только для приблизительного учета содержания сахара и крахмала в заторе. Для точного учета производства необходимо определить величину коэффициента декстрозы посредством химического анализа, с помощью фелинговой жидкости.

Определение видимого отброда в зрелой бражке

При ведении процесса брожения сахар никогда не сброживает до конца, до нуля. Всегда остается часть мальтозы и декстринов не сброженных; чем хуже прошел процесс брожения, тем больше полученный «отброд» или, как иначе говорят, «недоброд».

Отбродившая зрелая бражка содержит обыкновенно от 7 до 13% спирта, и вследствие этого показания сахарометра, калиброванного для чистых сахарных растворов, в ней не верны.

Пусть сахарометр показал в отбродившей бражке 1,5° Бал; было бы ошибочно думать, что в отброде содержится только 1,5% сухих веществ. Если отогнать спирт, добавить воды до первоначального объема и тогда испытать сахарометром, то он вероятно покажет около 5° Бал. Прямое показание в зрелой бражке называют поэтому видимым отбродом, в отличие от истинного отброда, т. е. показания сахарометра в бражке, из которой отогнан спирт и которая после этого разбавлена водой до прежнего объема.

Определение истинного отброда несколько хлопотливо; определение же видимого отброда чрезвычайно просто и, несмотря на свою ошибочность, дает приблизительно верное суждение о ходе производства.

Важно набрать среднюю пробу бражки. Необходимо иметь в виду, что при весьма тихом брожении бражка в конце процесса расслаивается, и верхний слой ее содержит значительно больше спирта, чем нижний. Лучше всего набрать пробу из самой середины по высоте бродительного чана с помощью бутылки с тяжелой, привязанной на веревочке пробкой.

Опустив бутылку до середины высоты бражки, выдергивают с помощью веревочки пробку и набирают в бутылку пробу бражки. Последнюю фильтруют в закрытом цилиндре до полной прозрачности и испытывают сахарометром, расхолодив¹ предварительно до нормальной для данного сахарометра температуры.

Для оценки работы производства величина видимого отброда затора имеет большое значение, и потому важно выяснить, какой же отброд считать хорошим.

К сожалению величина видимого отброда для хорошей работы не может быть раз навсегда определена, так как она зависит от следующих факторов:

1. Зависимость от коэффициента доброкачественности затора. Чем ниже коэффициент доброкачественности, тем больше в заторе несахара, и тем больше отброд за счет последнего.

В табл. 17 показано, как изменяется видимый отброд затора с первоначальной концентрацией до задачи дрожжей в 18° Бал (при хорошей работе завода, когда выход спирта с 1 ч крахмала составляет 61 л) в зависимости от изменения истинного коэффициента доброкачественности.

Из этой таблицы видно, что при понижении коэффициента доброкачественности затора на 5% (от 83 до 78%) видимый отброд повышается от 0,9 до 2,0° Бал.

¹ Или вводят поправку на температуру (см. стр. 110). Прим. ред.

Изменения отброда и выхода спирта из сладкого затора в зависимости от изменения величин истинного коэффициента доброкачественности

Истинный коэффициент доброкачественности фильтрата затора в %	Содержание спирта в 1 га бражки в л	Видимый отброд зрелой бражки в ° Бал	Истинный отброд зрелой бражки в ° Бал
83	9,36	0,9	4,1
82	9,25	1,15	4,3
81	9,14	1,4	4,5
80	9,02	1,5	4,6
79	8,91	1,7	4,8
78	8,80	2,0	5,0
77	8,69	2,2	5,2
76	8,57	2,4	5,4

2. Зависимость от концентрации затора. Чем выше первоначальная концентрация затора, тем выше видимый отброд. Табл. 18 показывает изменения видимого отброда в зависимости от изменения первоначальной концентрации затора при условии, что во всех заторах экстракт содержит 78% сахара, который сбродил так, что с 1 ч крахмала получено 61 л спирта.

Таблица 18

Изменения видимого отброда и процентного содержания спирта в зрелой бражке в зависимости от первоначального баллинга

Показание сахарометра в сладком заторе в ° Бал	Видимый отброд в ° Бал	Содержание спирта в 1 га бражки в л
16	0,9	8,0
17	1,0	8,5
18	1,1	9,0
19	1,2	9,6
20	1,3	10,1
21	1,4	10,7

Из таблицы 18 видно, что при одинаковой хорошей работе и при одинаковой доброкачественности заторов видимый отброд тем выше, чем выше концентрация сладкого затора. При повышении концентрации сладкого затора в промежутке от 16 до 21° Бал, повышение концентрации сладкого затора на 1° Бал вызывает приблизительно повышение видимого отброда на 0,1° Бал.

Сравнивая первый и третий столбцы этой таблицы, можно видеть, что, приблизительно, каждый сброженный в заторе градус Баллинга дает в 100 л бражки увеличение выхода спирта в 0,53 л. Например, если затор сбродил от 19 до 1,0° Бал, т.е. сбродило $19 - 1 = 18^\circ$ Бал, то ожидаемый выход спирта из каждой 100 л этой бражки будет приблизительно равен $18 \times 0,53 = ,54$ л.

Таким образом технорук, зная первоначальный баллинг затора и видимый отброд, может быстро определить ожидаемый выход спирта из этого чана.

3. Зависимость от продолжительности брожения. При двухсуточном брожении даже заторы невысокой концентрации (в 18—20° Бал) ображивают несколько хуже, чем при трехсуточном, а заторы в 22° Бал ображивают за двое суток уже значительно хуже, и потому при ведении двухсуточного брожения следует не превышать в картофельных заторах концентрации в 20—21° Бал.

Опыты А. А. Фукса на Наумовском заводе показали, что при двухсуточном брожении видимый отброд на 0,2° Бал выше, а выход спирта на 2½% ниже, чем при трехсуточном.

4. Зависимость от рода сырого материала. Кукурузные заторы показывают всегда видимый отброд меньший, чем заторы картофельные и хлебные — большею частью ниже нуля. Это объясняется тем, что кукурузные заторы имеют высокий коэффициент доброкачественности.

Также мало сахара содержат и просяные заторы и потому видимый отброд просяной бражки значительно ниже, чем картофельной; паточная бражка содержит очень много сахара и дает потому очень высокие отброды.

Хорошим видимым отбродом следует считать:

в ржаных заторах	1,1—1,3° Бал.	
» пшеничных »	0,8—0,9°	»
» ячменных »	1,0—1,2°	»
» кукурузных »	—0,3——0,5°	»
» просяных »	0,2—0,3°	»

В виду важности правильного определения видимого отброда необходимо точно проверить сахарометр, правильность его показаний и самое определение производить при той температуре, какая указана на сахарометре, или же делать поправку на температуру.

Определение истинного отброда и процентного содержания спирта в бражке (по Сальерону, по изменению удельного веса, помощью эбулиоскопа и по Меркери).

Для определения истинного отброда и процентного содержания спирта в бражке необходимо сделать перегонку последней, чтобы выделить из нее весь спирт; тогда, разбавив полученную барду до первоначального объема дистиллированной водой, можно посредством сахарометра определить непосредственно истинный отброд. Собрав отгон в объеме, равном объему взятой бражки, определяют в нем процентное содержание спирта.

Для перегонки применяют обыкновенно аппарат Сальерона, изображенный на рис. 128. Он состоит из медного куба на железной подставке, который закрывается резиновой пробкой. Пары отводятся при перегонке через стеклянную трубочку с тремя шариками в холодильнике, который представляет собой змееобразную медную трубочку, вставленную в цилиндр. Последний заполняется или снегом или льдом, или про-

точной холодной водой так, чтобы получаемый погон имел температуру 15°C , нормальную для спиртомера.

После каждого определения следует тщательно промыть куб, дефлегматор и холодильник.

Приступая к перегонке бражки, следует обратить внимание на то, чтобы все места соединения частей аппарата были совершенно плотны, чтобы спирт не уходил на воздух помимо холодильника. Перегонку следует вести очень осторожно, во избежание перебрасывания бражки из куба в холодильник.

Обычно определение производится в фильтрате бражки в виду того, что густая, содержащая шелуху и дробину бражка сильно пенится при перегонке. Если желают получить более точные данные, от делают поправку на шелуху и дробину, которые засчитывают в размере 3,5—5%, в зависимости от действительного содержания шелухи в бражке. Определение объема шелухи и дробины указано ниже (см. стр. 121).

Меркер рекомендует для точности производить определение не в фильтрате, а в самой бражке, пропущенной через мельницу для измельчения; для предупреждения вспенивания при перегонке прибавляют к бражке кусочек парафина.

Определение делается следующим образом: 100 см³ чисто отфильтрованной бражки помещают в куб аппарата Сальерона, прибавляют 60 см³ дистиллированной воды и перегоняют осторожно над лампой, собирая дестиллат в ту же колбочку емкостью 100 см³ до черты. В дестиллате определяют попомощью пикнометра при 15°C удельный вес, а по этому последнему по табл. 19 (Виндиша) (стр. 118—119), показывающей, какой удельный вес имеет спиртовая жидкость определенного процентного содержания спирта, определяют объемный процент спирта в дестиллате, который и равен содержанию спирта в бражке, взятой для перегонки.

Можно определить процентное содержание спирта в дестиллате посредством спиртомера при 15°C . Употребляемые для этого спиртомеры должны быть так малы, чтобы свободно плавать в 100 см³ жидкости; затем каждый градус шкалы должен иметь в длину 1 см, чтобы легко можно было отсчитывать десятые доли градуса.

Оставшуюся после перегонки спирта барду сливают опять в ту же колбочку емкостью 100 см³, в нее же сливают ополоски из перегонного

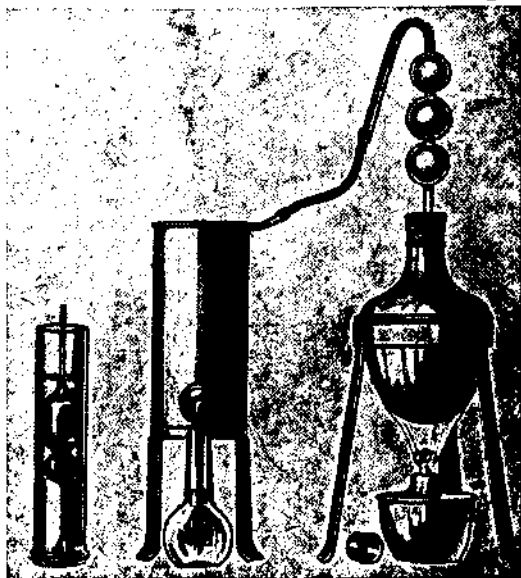


Рис. 128. Перегонный аппарат Сальерона.

Таблица 19

Таблица К. Виноград для определения содержания спирта

Уд. вес дистиллята	Содержание спирта в %		Уд. вес дистиллята	Содержание спирта в %		Уд. вес дистиллята	Содержание спирта в %	
	вес	объем		вес	объем		вес	объем
1,0000	0,00	0,00	0,9949	2,79	3,49	8	5,89	7,34
0,9999	0,05	0,07	8	2,84	3,56	7	5,96	7,42
8	0,11	0,13	7	2,90	3,64	6	6,02	7,50
7	0,16	0,20	6	2,96	3,71	5	6,09	7,58
6	0,21	0,27	5	3,02	3,78	4	6,15	7,66
5	0,26	0,33	4	3,08	3,85	3	6,22	7,74
4	0,32	0,40	3	3,14	3,93	2	6,28	7,82
3	0,37	0,47	2	3,19	4,00	1	6,35	7,90
2	0,42	0,53	1	3,25	4,07	0	6,41	7,99
1	0,48	0,60	0	3,31	4,14	0,9889	6,48	8,07
0	0,53	0,67	0,9939	3,37	4,22	8	6,55	8,15
0,9989	0,58	0,73	8	3,43	4,29	7	6,61	8,23
8	0,64	0,80	7	3,49	4,36	6	6,68	8,31
7	0,69	0,87	6	3,55	4,43	5	6,75	8,40
6	0,74	0,93	5	3,60	4,51	4	6,81	8,48
5	0,80	1,00	4	3,66	4,58	3	6,88	8,56
4	0,85	1,07	3	3,72	4,65	2	6,95	8,64
3	0,90	1,14	2	3,78	4,73	1	7,02	8,73
2	0,96	1,20	1	3,84	4,80	0	7,08	8,81
1	1,01	1,27	0	3,90	4,88	0,9879	7,15	8,89
0	1,06	1,34	0,9929	3,96	4,95	8	7,22	8,98
0,9979	1,12	1,41	8	4,02	5,03	7	7,29	9,06
8	1,17	1,48	7	4,08	5,10	6	7,36	9,15
7	1,23	1,54	6	4,14	5,18	5	7,42	9,23
6	1,28	1,61	5	4,20	5,25	4	7,49	9,32
5	1,34	1,68	4	4,26	5,33	3	7,56	9,40
4	1,39	1,75	3	4,32	5,40	2	7,63	9,48
3	1,45	1,82	2	4,39	5,48	1	7,70	9,57
2	1,50	1,88	1	4,45	5,55	0	7,77	9,66
1	1,56	1,95	0	4,51	5,63	0,9869	7,84	9,74
0	1,61	2,02	0,9919	4,57	5,70	8	7,91	9,83
0,9969	1,67	2,09	8	4,63	5,78	7	7,98	9,91
8	1,72	2,16	7	4,69	5,86	6	8,05	10,00
7	1,78	2,23	6	4,75	5,93	5	8,12	10,09
6	1,83	2,30	5	4,81	6,01	4	8,19	10,17
5	1,89	2,37	4	4,88	6,09	3	8,26	10,26
4	1,94	2,44	3	4,94	6,16	2	8,33	10,35
3	2,00	2,51	2	5,00	6,24	1	8,41	10,43
2	2,05	2,58	1	5,06	6,32	0	8,48	10,52
1	2,11	2,65	0	5,13	6,40	0,9859	8,55	10,61
0	2,17	2,72	0,9909	5,19	6,47	8	8,62	10,70
0,9959	2,22	2,79	8	5,25	6,55	7	8,69	10,79
8	2,28	2,86	7	5,32	6,63	6	8,76	10,88
7	2,34	2,93	6	5,38	6,71	5	8,84	10,96
6	2,39	3,00	5	5,44	6,79	4	8,91	11,05
5	2,45	3,07	4	5,51	6,86	3	8,98	11,14
4	2,50	3,14	3	5,57	6,94	2	9,06	11,23
3	2,56	3,21	2	5,63	7,02	1	9,13	11,32
2	2,62	3,28	1	5,70	7,10	0	9,20	11,41
1	2,68	3,35	0	5,76	7,18	0,9849	9,28	11,50
0	2,73	3,42	0,9899	5,83	7,26	8	9,35	11,59

Таблица 19 (продолжение)

Уд. вес дестиллята	Содержание спирта в %		Уд. вес дестиллята	Содержание спирта в %		Уд. вес дестиллята	Содержание спирта в %	
	вес	объем		вес	объем		вес	объем
7	9,42	11,68	7	13,33	16,44	7	17,49	21,46
6	9,50	11,77	6	13,41	16,54	6	17,57	21,56
5	9,57	11,86	5	13,49	16,64	5	17,65	21,66
4	9,65	11,95	4	13,57	16,74	4	17,73	21,76
3	9,72	12,05	3	13,66	16,84	3	17,82	21,86
2	9,80	12,14	2	13,74	16,94	2	17,90	21,96
1	9,87	12,23	1	13,82	17,04	1	17,98	22,06
0	9,94	12,32	0	13,90	17,14	0	18,07	22,16
0,9839	10,02	12,41	0,9789	13,98	17,24	0,9739	18,15	22,26
8	10,10	12,50	8	14,07	17,34	8	18,23	22,35
7	10,17	12,59	7	14,15	17,44	7	18,32	22,45
6	10,25	12,69	6	14,23	17,54	6	18,40	22,55
5	10,32	12,78	5	14,32	17,64	5	18,48	22,65
4	10,40	12,88	4	14,40	17,74	4	18,56	22,75
3	10,48	12,97	3	14,48	17,84	3	18,65	22,85
2	10,55	13,06	2	14,56	17,94	2	18,73	22,95
1	10,63	13,16	1	14,65	18,04	1	18,81	23,05
0	10,71	13,25	0	14,81	18,24	0	18,89	23,14
0,9829	10,78	13,34	0,9779	14,81	18,24	0,9729	18,98	23,24
8	10,86	13,44	8	14,90	18,34	8	19,06	23,34
7	10,94	13,53	7	14,98	18,44	7	19,14	23,44
6	11,01	13,63	6	15,06	18,54	6	19,22	23,54
5	11,09	13,72	5	15,15	18,64	5	19,30	23,63
4	11,17	13,82	4	15,23	18,74	4	19,39	23,73
3	11,25	13,91	3	15,31	18,84	3	19,47	23,83
2	11,33	14,01	2	15,40	18,94	2	19,55	23,93
1	11,40	14,10	1	15,48	19,04	1	19,63	24,02
0	11,48	14,20	0	15,56	19,14	0	19,71	24,12
0,9819	11,56	14,29	0,9769	15,65	19,24	0,9719	19,79	24,22
8	11,64	14,39	8	15,73	19,34	8	19,87	24,32
7	11,72	14,48	7	15,81	19,44	7	19,95	24,41
6	11,80	14,58	6	15,90	19,55	6	20,04	24,51
5	11,88	14,68	5	15,98	19,65	5	20,12	24,60
4	11,96	14,77	4	16,06	19,75	4	20,20	24,70
3	12,04	14,87	3	16,15	19,85	3	20,28	24,80
2	12,12	14,97	2	16,23	19,95	2	20,36	24,89
1	12,20	15,07	1	16,32	20,05	1	20,44	24,99
0	12,28	15,16	0	16,40	20,15	0	20,52	25,08
0,9809	12,36	15,26	0,9759	16,48	20,25	0,9709	20,60	25,18
8	12,44	15,36	8	16,57	20,35	8	20,68	25,27
7	12,52	15,46	7	16,65	20,45	7	20,76	25,37
6	12,60	15,55	6	16,73	20,55	6	20,84	25,47
5	12,68	15,65	5	16,82	20,65	5	20,92	25,56
4	12,76	15,75	4	16,90	20,75	4	21,00	25,66
3	12,84	15,85	3	16,98	20,85	3	21,08	25,75
2	12,92	15,95	2	17,07	20,95	2	21,16	25,84
1	13,00	16,04	1	17,15	21,06	1	21,24	25,94
0	13,08	16,14	0	17,23	21,16	0	21,32	26,04
0,9799	13,16	16,24	0,9749	17,32	21,26	0,9699	21,40	26,13
8	13,25	16,34	8	17,40	21,36	8	21,47	26,22

куба, доливают водою до черты, взбалтывают и в этой отогнанной бражке определяют сахарометром Баллинга истинный отброд.

В указанный способ определения процентного содержания спирта следует внести поправку. Фильтрат бражки содержит угольную кислоту, и для более точного определения содержания спирта последнюю необходимо удалить. Для этого фильтрат взбалтывают в просторной закрытой колбе или склянке в течение 5—10 мин., затем от этого освобожденного от угольной кислоты фильтрата берут 100 см³ для перегонки.

Имеются еще и другие способы определения процентного содержания спирта в бражке. Возможно определить процентное содержание спирта в бражке на основании изменения ее удельного веса при отгонке спирта. Чем выше процент спирта в бражке, тем ниже ее удельный вес. Изменение удельного веса бражки до и после кипячения дает возможность определить содержание спирта в бражке.

Если уд. вес бражки до кипячения равен S , а после кипячения S_1 , а уд. вес Дестиллата со спиртом x , то:

$$S_1 : S = 1 : x;$$

$$x = \frac{S \cdot 1}{S_1};$$

где 1—уд. вес воды.

Например $S = 1,0072$ (до кипячения)

$S_1 = 1,02$ (после кипячения)

$$x = \frac{1,0072 \cdot 1}{1,02} = 0,9874 = 9,32\% \text{ объемн.}$$

Затем возможно определить процентное содержание спирта в бражке помощью эбулиоскопа, который показывает точно температуру кипения бражки. Чем больше спирта в бражке, тем ниже температура ее кипения; при повышении содержания спирта в бражке, имеющей крепость в пределах 7—10% на один процент, температура кипения понижается приблизительно на 0,6—0,8° Ц. Однако способ этот менее точен, чем способ Сальерона.

Истинный отброд в бражке можно также определить по таблице 20, которую дает Меркер, если известен видимый отброд и процентное содержание спирта в бражке (последнее можно определить по счетчику контрольного снаряда для учета спирта при окончании сгонки испытуемого чана). Если например видимый отброд бражки равен 1,8° Бал, чан содержал 920 дж. зрелой бражки и дал выход в 920 л абсолютного спирта, т. е. бражка содержала 10% объемн. процентов спирта, то по таблице истинный отброд равен 5,15° Бал.

Так как имевшаяся в чану неполнота в 8% его емкости была заполнена водою, то, сделав поправку, получают, что истинный отброд равен

$$5,15 + 5,15 \cdot \frac{8}{100} = 5,56^\circ \text{ Бал.}$$

Таблица Меркера для вычисления истинного отброда по видимому отброду при различном содержании спирта в отфильтрованной бражке

Видимый отброд в % Бал	Истинный отброд в % Бал при содержании спирта в объемных процентах							
	7	8	9	10	11	12	13	14
0,4	2,85	3,15	3,45	3,75	4,05	4,33	4,60	4,88
6	3,05	3,35	3,65	3,95	4,25	4,53	4,80	5,08
8	3,25	3,55	3,85	4,15	4,45	4,73	5,00	5,28
1,0	3,45	3,75	4,05	4,35	4,65	4,93	5,20	5,48
2	3,65	3,95	4,25	4,55	4,85	5,13	5,40	5,68
4	3,85	4,15	4,45	4,75	5,05	5,33	5,60	5,88
6	4,05	4,35	4,65	4,95	5,25	5,53	5,80	6,07
8	4,25	4,55	4,85	5,15	5,45	5,73	6,00	6,27
2,0	4,45	4,75	5,05	5,35	5,65	5,93	6,20	6,46
2	4,65	4,95	5,25	5,55	5,85	6,12	6,39	6,66
4	4,85	5,15	5,45	5,75	6,05	6,32	6,58	6,85
6	5,05	5,35	5,65	5,95	6,24	6,51	6,78	7,05
8	5,25	5,55	5,85	6,15	6,44	6,71	6,98	7,24
3,0	5,45	5,75	6,05	6,34	6,63	6,90	7,17	7,44
2	5,65	5,95	6,24	6,54	6,83	7,10	7,37	7,63
4	5,85	6,15	6,44	6,73	7,02	7,30	7,56	7,83
6	6,05	6,34	6,63	6,93	7,22	7,49	7,76	8,02
8	6,24	6,54	6,83	7,12	7,41	7,68	7,95	8,22
4,0	6,44	6,73	7,02	7,32	7,61	7,88	8,15	8,41
2	6,63	6,93	7,22	7,51	7,80	8,07	8,34	8,61
4	6,83	7,12	7,41	7,71	8,00	8,27	8,54	8,80
6	7,02	7,32	7,61	7,90	8,20	8,46	8,73	9,00
8	7,22	7,51	7,80	8,10	8,40	8,66	8,93	9,20
5,0	7,41	7,70	8,00	8,30	8,58	8,85	9,12	9,39

Определение объема шелухи в сладком заторе

Для определения объема шелухи находят сначала, сколько весит шелуха в 100 см³ затора и сколько весит фильтрат. Зная баллинг и удельный вес фильтрата, определяют объем фильтрата в 100 см³ затора и по разности определяют объем шелухи в 100 см³ затора.

Пусть фильтрат сладкого затора имеет 18° Бал и уд. вес 1,074. При взвешивании 100 см³ затора вместе с шелухой вес был равен 107,8 г, а после тщательного промывания растворимых частей и просушки вес шелухи в 100 см³ затора был равен 5,1 г. Тогда вес фильтрата равен 107,8 — 5,1 = 102,7 г. Так как уд. вес фильтрата равен 1,074, то объем его в 100 см³ равен $\frac{102,7}{1,074} = 95,62$ см³ и, следовательно, объем шелухи равен 100 — 95,62 = 4,38%.

Если в фильтрате этого отбродившего затора было найдено 9% объемн. спирта, то, принимая во внимание, что на 100 ч. объемн. затора имеется фильтрата только 95,62 ч., объемн. выход спирта из 100 л бражки равен

$$\frac{9 \cdot 95,62}{100} = 8,606 \text{ л.}$$

Определение кислотности бражки

Определение кислотности бражки необходимо делать в каждом заторе. Определивши кислотность затора при спуске его в бродильный чан и его же кислотность по окончании процесса брожения при спуске на брагоперегонный аппарат, возможно по нарастанию кислотности бражки за время брожения судить о чистоте брожения и о качестве работы. При хорошем ведении производства нарастание кислотности за время брожения должно составлять $0,1 - 0,2^\circ$ Дельбрюка; а при средней работе — $0,3^\circ$. Нарастание кислотности в $0,4^\circ$ Дельбрюка и выше служит показателем плохой работы; такое нарастание кислотности за время брожения возможно при хорошей работе в заторах из гнилого картофеля или из сильно попорченного, прелого зерна. При здоровых сырых материалах оно может быть вызвано: 1) нечистотой посуды и трубопроводов, 2) плохим солодом; 3) высокой температурой складки, брожения и дображивания заторов; 4) ошибками при приготовлении дрожжей.

В таких случаях необходимо принять все меры для тщательной очистки завода, солодовни, всей заводской посуды, а также трубопроводов для затора и бражки; необходимо найти очаги заразы, чтобы их уничтожить; нужно прибегнуть к мойке и дезинфекции зеленого солода, к проверке термометров, проконтролировать качество дрожжей и при малейшем сомнении в качестве их переменить дрожжевую матку.

Проба бражки на под

Полезно и в зрелой бражке сделать испытание на под, чтобы знать, был ли хорошо осахарен затор. Если бражка дает с подом фиолетовое или красное окрашивание, то очевидно, что затор был плохо осахарен и это есть причина плохого отброда и плохого выхода спирта.

Определение осаживающей способности зрелой бражки

В отбродившей зрелой бражке должен всегда быть живой, деятельный диастаз. Наличие последнего служит доказательством, что действие диастаза на декстрины шло при дображивании до самого конца. Наличие диастаза и степень энергии его определяется испытанием осаживающей способности зрелой бражки по отношению к раствору крахмала. Это испытание возможно сделать по двум способам: по способу Эфрона и по способу Эльрота.

Определение по способу Эфрона

Способ Эфрона подробно описан в первой части этой книги на стр. 152 только к зрелой бражке предъявляют не столь строгие требования, как к сладкому затору.

Если в пробирках, в которых к 10 см^3 2% -ного раствора крахмала прибавлено $0,5 - 0,75 \text{ см}^3$ зрелой бражки, не появилось окрашивание от нода, то значит осаживающая сила зрелой бражки достаточна, и плохой отброд надо приписать не солоду и процессу затираания, а каким-

либо другим причинам. Но если окрашивания с иодом не появилось только в пробирке с 1,5 см³ фильтрата зрелой бражки, то значит в плохом отброде виноват солод, или недостаточное количество его, или ошибка при процессе затирания, или слишком высокое закисание бражки, при котором ослабляется осахаривающая способность диастаза. Кислотность зрелой бражки в 1,2—1,4° Дельбрюка сопровождается обычно по этой причине высоким отбродом вследствие несбраживания декстринов.

Определение по способу Эльрота

Эльрот видоизменил способ Эфрона, упростил его и приблизил его к условиям заводской практики. Испытание бражки производится следующим образом. В закрывающуюся пробирку наливают 15 см³ 10%-ного раствора крахмала, прибавляют к нему 15 см³ чисто профильтрованной испытуемой зрелой бражки, закрывают пробирку, хорошо взбалтывают и помещают на 1 час в бродильный чан с дображивающей бражкой, в которой имеется температура 27—28° Ц. Затем взбалтывают, прибавляют по каплям разбавленный до светложелтого цвета иодный раствор и наблюдают, дает ли иод окрашивание желтое, красное или фиолетовое.

Желтое окрашивание указывает на избыток деятельного диастаза; красное окрашивание — на то, что в бражке имеется достаточное количество диастаза; фиолетовое же окрашивание указывает на недостаток диастаза в бражке. Этот анализ настолько прост, что его с успехом может выполнить бродильщик, если дать ему растворимый крахмал и иод. Такие анализы рабочих интересны тем, что посредством их возможно втянуть рабочих более глубоко в изучение процессов производства.

Исследование экстракта зрелой бражки путем сбраживания

Если при определении видимого отброда в бражке получен очень большой отброд, значительно превышающий обычную норму, то технику важно выяснить, что является причиной этого ненормального отброда: виновато ли в этом отсутствие в бражке живого деятельного диастаза, вследствие чего декстрины остались несброженными и потому получился такой большой недоброд, или быть может бражка заражена посторонними микроорганизмами, дрожжи ослабели и часть сахара осталась несброженной; но может быть причиной большого недоброда является низкая доброкачественность затора, содержание в нем большого количества несахара.

Для выяснения причин большого недоброда Берлинский институт бродильных производств предложил исследовать экстракт зрелой бражки посредством пробного брожения, которое заключается в следующем: в зрелой бражке нейтрализуют избыток кислоты щелочью, отгоняют спирт, добавляют воды до первоначального объема и в одну порцию полученного экстракта бражки задают непосредственно хорошие свежие дрожжи, а в другую порцию прибавляют сначала свежего солодового настоя, а затем задают дрожжи и оставляют на сутки бродить при очень благоприятной температуре. Если бы в экстракте зрелой бражки, по причине плохого ведения производства, остался сбраживаемый сахар, то при благоприятных условиях, когда избыток кислоты удален и спирт отог-

нан, т. е. удалены те вещества, которые задерживают брожение, и когда заданы свежие, здоровые дрожжи, сахар этот сбродит, и по количеству полученного из него спирта можно будет судить о потерях, которые понес завод вследствие плохого ведения производства.

Анализ ведут следующим образом. Определив кислотность зрелой бражки, прибавляют по расчету к 300 см³ бражки столько нормального едкого натра, чтобы после этого бражка имела кислотность 0,3 см³, отгоняют спирт выпариванием на водяной бане до $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ первоначального объема и по охлаждении доливают водой до первоначального объема 300 см³. Затем из этого раствора:

1) берут 100 см³, прибавляют 2 г свежих прессованных дрожжей и, закрыв колбочку ватной пробкой, оставляют ее на сутки при температуре 25—28° Ц для сбраживания сахара, по временам взбалтывая, чтобы смешать экстракт с оседающими на дно дрожжами. После этого наливают в колбочку 100 см³ воды, отгоняют отсюда на аппарате Сальерона 100 см³ и дестиллат испытывают спиртомером при 15° Ц;

2) к другим 100 см³ прибавляют 10 см³ солодовой вытяжки (25 г дробленого зеленого солода настаивают 6 час. с 500 см³ холодной воды и фильтруют), затем прибавляют 2 г дрожжей и поступают, как указано в п. 1.

Крепость отгона из первой пробы прямо покажет, сколько литров спирта из 100 л бражки могла бы дать мальтоза, оставшаяся несброженной в бродильном чану.

При вычете из крепости дестиллата второй пробы ($\frac{1}{10}$ количества спирта, полученного в третьем случае из солодовой вытяжки) получают, какое количество спирта из каждой 100 л бражки могли бы дать оставшиеся несброженными мальтоза и декстрины.

В табл. 21 приведены данные анализов зрелой бражки Берлинского института бродильных производств.

Таблица 21

№ по порядку	Отброд по Валингу	Содержание спирта в зрелой бражке в % объема	Кислотность в бражке по Дельбрюку	Какое содержание диастаза	Из остатка экстракта бражки получено спирта в %	
					непосредственно	с диастазом
1	1,7	11,05	1,0	Достаточно	0,12	0,17
2	3,8	11,10	1,35	Нет	0,9	—
3	2,8	11,60	1,1	Имеется	1,6	—
4	4,8	11,40	0,6	Имеется	2,0	—
5	4,4	11,10	1,1	Нет	0,3	0,4
6	2,2	10,5	0,8	Имеется	0	0

Из этой таблицы видно, что хотя в бражках №5 и 6 имеются крупные отброды (в 2,2° и 4,4° Блл), однако причиной этих крупных отбродов является исключительно низкий коэффициент доброточистности затора, а не плохая работа техникума, так как при повторном брожении из бражки №6 вовсе не получено было спирта, а из бражки №5 получено весь-

ма незначительное количество спирта для такого крупного отброда. Наоборот, из бражки № 4 при отбросе в 4,8° Бал можно было из каждых 100 л получить еще 2 л спирта. Так как такой выход спирта дает повторное брожение экстракта бражки даже без добавления солодовой настойки и так как кислотность бражки мала, то это доказывает, что такой высокий отброс вызван исключительно слабостью, вялостью дрожжей, которая вероятно еще более усилилась вследствие высоких температур брожения в бродильном чану. В данном случае технорук сделал большую ошибку: ему уже давно следовало бы взять новые, энергичные, культурные дрожжи. Но и эти последние могут скоро оказаться слабыми, если технорук будет и в бродильном и в дрожжевом отделении придерживаться при брожении высоких температур (31—32,5° Ц), которые ослабляют зимазу дрожжей.

Этот пример еще раз иллюстрирует, как правило, что при главном брожении следует поддерживать в бродильном чану температуру в 27—28° Ц, а при дображивании—25—27° Ц. Тем более следует избегать высоких температур при брожении дрожжей в дрожжанках, где наивысшей температурой следует признать 28° Ц.

В бражке № 3, в которой отброс 2,8° Бал, можно было бы с каждых 100 л бражки получить еще 1,6 л спирта, а из чана в 1 000 джл — 160 л спирта. Это доказывает, что в данном случае затор имел высокий коэффициент доброкачественности и что при благоприятных условиях и умелой работе видимый отброс мог бы быть понижен почти до нуля.

В бражке № 2 при отбросе 3,8° Бал обнаружены значительная кислотность и отсутствие диастаза.

Большая кислотность бражки вероятно и погубила диастаз. В данном случае, даже без добавления солодовой настойки, получен из бражки при повторном брожении большой выход спирта, соответствующий 90 л спирта из чана емкостью в 1 000 джл. Технорук следует найти причину, вызвавшую такое высокое закисание бражки; может быть заражены дрожжи или же заражение происходит в трубопроводах, в бродильном чану и пр. И в данном случае полезно завести новую дрожжевую матку.

В бражке № 1 с видимым отбросом в 1,7° Бал получено при повторном брожении весьма незначительное количество спирта (0,12 — 0,17%), которое показывает, что большой отброс зависит главным образом от низкой доброкачественности затора.

Из изложенного видно, что исследование экстракта зрелой бражки может многое дать технорuku завода для выяснения причины ненормально большого видимого отброса.

ПРОБЛЕМЫ, СТОЯЩИЕ ПЕРЕД СПИРТОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ В ОБЛАСТИ ВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА БРОЖЕНИЯ

Спиртовая промышленность в области ведения процесса брожения должна разрешить следующие вопросы.

1. Непрерывность процессов производства. Все процессы на спиртовом заводе идут периодически, и хотя наши заводы сильно подняли свою

производительность и делают за сутки 10—14 заторов, но несомненно, что эта производительность была бы еще больше, расход рабочей силы, пара, двигательной силы был бы меньше, если бы была осуществлена идея непрерывности процессов производства, над которой теперь работает Московский Всесоюзный научно-исследовательский институт спиртовой промышленности. Можно надеяться, что проблема эта будет скоро разрешена.

2. **Непрерывность процесса брожения в хлебно-картофельных заторах.** Как уже указано выше над разрешением этого вопроса работает проф. С. В. Лебедев в Московском Всесоюзном научно-исследовательском институте спиртовой промышленности, и надо надеяться, что этот вопрос будет скоро разрешен.

При благоприятном решении этих двух вопросов совершенно изменится лицо спиртовых заводов и упростится работа на них, но несомненно потребуются повышение квалификации технических руководителей производства.

3. **Переход от двухсуточного ведения брожения на хлебно-картофельных заторах к трехсуточному.** Опыты показали, что при сокращении срока брожения от трехсуточного до двухсуточного понижается выход спирта на 2—2,5%. Поэтому очевидно, что следует стараться на заводах ввести трехсуточное брожение. Установка лишнего бродильного чана окупится за 1—2 года.

4. **Установка на всех спиртовых заводах герметически закрытых бродильных чанов.** Опытами установлено, что при ведении брожения в открытых чанах производство имеет постоянное понижение выхода спирта на 2—2,5%, и очевидно, что установка на всех заводах герметически закрытых бродильных чанов должна быть ближайшей задачей Главспирта.

5. **Переработка на спиртовых заводах цельного толстокожурного зерна** связана с большими потерями крахмала и с большим понижением производительности заводов, поэтому такая переработка должна быть воспрещена; толстокожурное зерно должно перерабатываться или в раздробленном или в обрушенном виде.

6. **Необходима постройка завода для снабжения спиртовых заводов дрожжами чистой культуры.** Спиртовые заводы и сейчас снабжаются дрожжами чистой культуры; но заводы получают последние в виде нескольких пробирок, содержащих меньше 1 г дрожжей, и пока завод размножит это чрезвычайно малое количество дрожжей до объема дрожжевого затора 250—300 *дкл*, они большей частью заражаются. Чтобы сделать производство более надежным, следует устроить завод, который мог бы доставлять спиртовым заводам дрожжи чистой культуры в размере 2—5 кг каждому заводу.

Так как наши спиртовые заводы разбросаны по всему СССР, и доставка дрожжей на эти заводы может потребовать много времени, причем дрожжи чистой культуры могут пострадать в пути, то желательно, чтобы они рассылались не в прессованном, а в сухом виде.

7. **Утилизация углекислого газа из бродильных чанов.** Возможность такой утилизации углекислоты сделалась фактом. Потребность страны в жидкой и твердой углекислоте будет расти с каждым годом, поэтому

перед Главспиртом стоит задача выработать для каждой области СССР план постепенной установки на спиртовых заводах агрегатов для утилизации углекислоты.

ВОПРОСЫ

1. Какой процесс происходит в чану в период сбраживания, и какая температура для этого процесса наиболее желательна? Что происходит в чану во время главного брожения? Во время дображивания? Какие температуры для каждого из них наиболее желательны и почему? Какая должна быть температура складки затора при двухсуточном брожении? При трехсуточном? На сколько градусов повышается температура за время брожения в заторах с концентрацией в 20° Бал, в 17,5° Бал?

2. Какое влияние имеет на успешность процесса брожения концентрация затора, температура складки и срок брожения? Почему полусуточное и односуточное брожение невыгодны? В каких случаях следует перейти на полусуточное брожение?

3. Какой формы и величины должны быть холодильные змеевики в бродильных чанах? Как производить освежение бражки?

4. Перечислите известные вам виды брожения. Объясните, в чем выражается пенное брожение. Какими причинами оно вызывается? Как устранить его? В чем выражается покровное брожение? Какие причины покровного брожения в ржаных, картофельных и кукурузных заторах? Перечислите, какие вы знаете способы переработки ячменя и какой из них лучший и почему? Почему способ переработки ячменя не подходит для овса? По какому же способу следует перерабатывать овес? Какую роль играет вязкость заторов? Как перерабатывать просо?

5. Следует ли вести брожение хлебно-картофельных заторов с продуванием воздуха? Почему не следует вести брожение в открытых бродильных чанах? Какие преимущества герметически закрытых бродильных чанов? В чем выразилась рационализация метода ведения работы в бродильном и дрожжевом отделениях? Следует ли строить бродильные чаны вместимостью на 9—10 заторов или на 3—4 затора? Почему при сливе 9—10 заторов в один бродильный чан отброды бывают то 1,0—1,5° Бал, то 4,5—5,5° Бал? Как, по Лебедеву, перейти на ведение непрерывного брожения в хлебно-картофельных заторах?

6. Из каких материалов строят бродильные чаны? Как устраивают деревянные чаны? Почему крышки Ф и ш е р а и Ш т р а у х а не нашли распространения в СССР? Какой формы, емкости изготовляют герметически закрытые бродильные чаны? Почему нежелательны длинные лежащие и узкие стоячие бродильные чаны? Какой емкости должен быть бродильный чан на 1 кл 90%-ного спирта? на 1000 кг картофеля? на 1000 кг хлебного зерна? Какие типы ловушек-промывалок для спирта Вы знаете? Какой они должны быть емкости? Следует ли устанавливать ловушки змееобразные трубчатые? Для чего устанавливают на них предохранительные клапаны?

7. Какой величины и формы устраивают холодильные змеевики в герметически закрытых бродильных чанах? Как укрепляют их? Как должен быть устроен заторный трубопровод? Как рассчитать диаметр трубопровода для углекислоты и как он должен быть устроен? Как удалить углекислый газ из бродильного чана перед тем, как влезть в него для очистки? Как должно быть устроено бродильное отделение?

8. Как судить о качестве работы бродильного отделения? Как производится исследование затора посредством сахариметра Баллинга? Что обозначает показание баллинга 18,4° и уд. вес 1,0762? Как сделать поправку в показаниях баллинга, если температура фильтрата 25° Ц; 10° Ц? Что показывает видимый и истинный коэффициент доброкачественности затора? Какой приблизительно видимый коэффициент доброкачественности в картофельных заторах; ржаных; кукурузных? Что называют видимым и истинным отбродом? Как определить тот и другой? Какое влияние имеют на видимый отброд коэффициент доброкачественности затора; концентрация затора; продолжительность брожения; род сырого материала? Какой видимый отброд считается хорошим? Как опреде-

лить процентное содержание спирта в бражке по способу Сальерона; на основании измерения удельного веса бражки при отгоне спирта; помощью эбулископа? Как определять объем шелухи в сладком заторе?

9. Что может дать руководителю производства определение кислотности затора и бражки? Проба бражки на иод? Как сделать испытание осахаривающей способности затора по Эфрону; по Эльроту? Как производится исследование экстракта зрелой бражки путем сбраживания его?

10. Какие проблемы стоят перед спиртовой промышленностью в области ведения процесса брожения?

ГЛАВА XI

Производство спирта из хлебно-картофельных материалов по методу ведения чистых культур

ВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗ СОЛОДА ПО СПОСОБУ «АМИЛО»

Особенности способа «амило»

Японский инженер Такамина много поработал над тем, чтобы заменить осахаривание крахмала в заторах спиртовых заводов посредством диастаза зеленого солода — осахариванием при помощи плесеней, которые уже давно применялись в Японии и Китае на пивоваренных



Рис. 129. Мицелий мукор деламар в полном развитии.



Рис. 130. Различные виды мукор деламара.

и спиртовых заводах взамен солода. Некоторые плесени класса высших грибов рода «аспергилус» и класса мукоровых действительно содержат диастаз и могут быть пригодны для этой цели. Эту идею осуществили французские инженеры Коллет и Боаден в 1896 г. Они воспользовались тем, что французский инженер Кальмет выделил из китайских дрожжей чистую культуру плесени «мукор Ру», которая обладала сильной осахаривающей способностью. Эту плесень они употребили вместо солода и первое время брали солод в затор в количестве 1%, только для разжижения крахмала; затем они затор стерилизовали кипячением.

охлаждали при температуре наиболее благоприятной для размножения плесени, задавали чистую культуру плесени, а через 20—24 часа, когда плесень после размножения хорошо осахаривала крахмал, они задавали в затор чистую культуру дрожжей. Водя брожение в стерильных условиях, в герметически закрытых бродительных чанах с чистыми

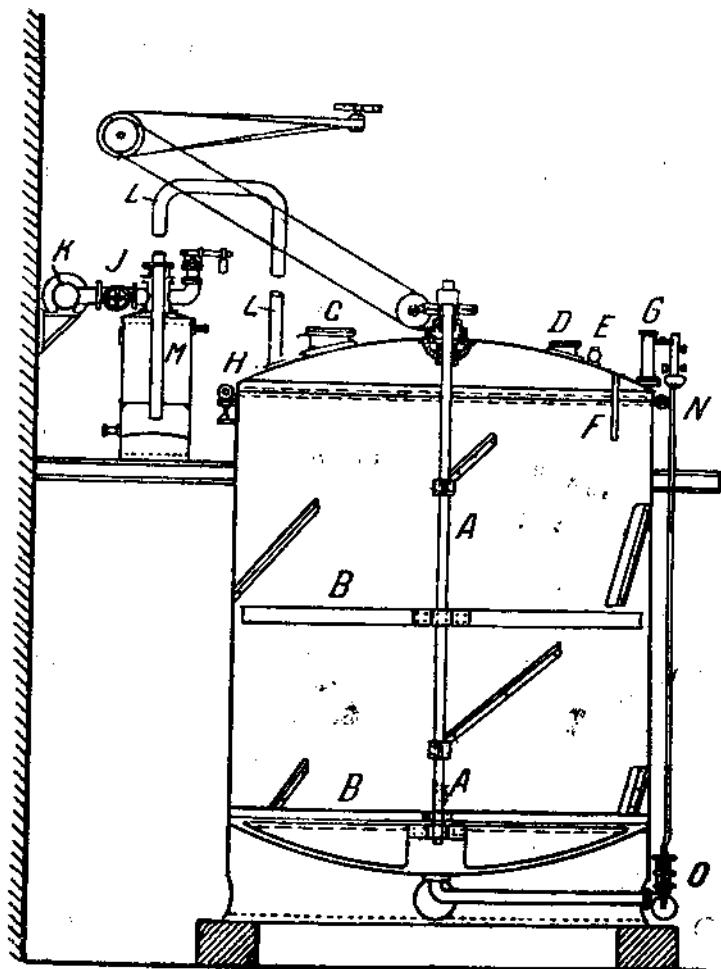


Рис. 131. Бродительный чан по способу «амило».

культурами плесени и дрожжей, они получали высокий выход спирта в 66—67 л из 1 ц крахмала, в то время как при обычном способе производства с зеленым солодом получают при хорошей работе выход в 63—64 л с 1 ц крахмала. Свой способ производства, при котором плесень осахаривает крахмал, они назвали «амило».

Этот способ был затем значительно усовершенствован. Вместо первоначальных жидких заторов в 7—8° Бал, стали готовить заторы в

15° Бал, вместо плесени «мукор Ру» применяют более энергичную плесень «мукор деламар» (рис. 129 и 130) и вместо выдувания в заторный чан, из которого перекачивали массу в бродильный чан, стали вести выдувание из запарников непосредственно в бродильный чан. Способ этот нашел большое распространение на заводах Бельгии, Франции, Венгрии, Южной Америки главным образом для переработки кукурузы и риса.

Бродильный чан по способу «амило» (рис. 131) изготавливается из железа емкостью до 100 000 л и больше. Как видно из рисунка, нижнее днище выпуклое для быстрого спуска без остатка всей бражки. В центре чана проходит вертикальный вал А с мешалками; такие же имеются и на стенках для того, чтобы размножающаяся плесень не всплывала вверх, а плавала по всей толще заторной массы для быстрого осахаривания крахмала.

В чану рекомендуется ограничиваться по возможности меньшим числом отверстий, так как каждое отверстие представляет опасность в смысле возможности всасывания в чан наружного воздуха и заражения затора посторонними микроорганизмами.

Ввиду того что в сладком заторе количество плесени и дрожжей очень мало, проникающие через щель посторонние микроорганизмы, как показал опыт, очень быстро размножаются и часто делают затор негодным; поэтому следует быть весьма внимательным и осторожным при ведении работы. На крышке чана имеются отверстия: Е — для задачи культуры плесени или дрожжей, D — для слива затора, С — лаз для чистки, а также L — труба для отвода углекислого газа в промывальную ловушку и F — трубка для термометра. Чтобы воздух не мог просасываться через сальник вала, последний сделан волнутым в виде чашки, куда наливают раствор формалина, который препятствует проникновению воздуха в чан. В нижнем днище имеется труба для спуска бражки с клапаном O; в эту же трубу входит трубка N, через которую можно пропустить пар для стерилизации нижней трубы, клапана и всего чана, а также продувать через заторную массу воздух, причем последний, проходя предварительно через ватный фильтр G, оставляет на нем все микроорганизмы.

Фильтр для воздуха, который вдувают в чан, изображен на рис. 132. В цилиндр накладывают 4 слоя стерильной ваты, между которыми лежат круглые пластинки (шайбы) А и В, назначение которых — заставить входящий через кран J воздух проходить через фильтр зигзагом, совершая более длинный путь. Вата для фильтра предварительно стерилизу-

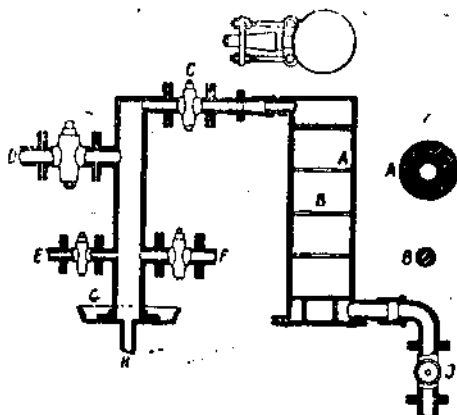


Рис. 132. Фильтр для воздуха, вдуваемого в чан.

ется, для чего ее держат $3\frac{1}{2}$ часа завернутой в фильтровальную бумагу в сушильном шкафу при температуре 160°C .

При фильтре имеются: кран *C*, помощью которого регулируется количество вдуваемого воздуха; кран *D* — для впуска пара, кран *E* — для испытания фильтрованного воздуха на чистоту, кран *F* — для вдувания фильтрованного воздуха над жидкостью в чан и трубка *H* — для продувания либо пара, либо воздуха через нижнее отверстие для спуска бражки.

Переработка кукурузы

Варка кукурузы. Чтобы хорошо растворить крахмал без солода, Бюаден до варки в запарниках Генце замачивает кукурузу в горячей воде с соляной кислотой. С этой целью ниже бака для холод-

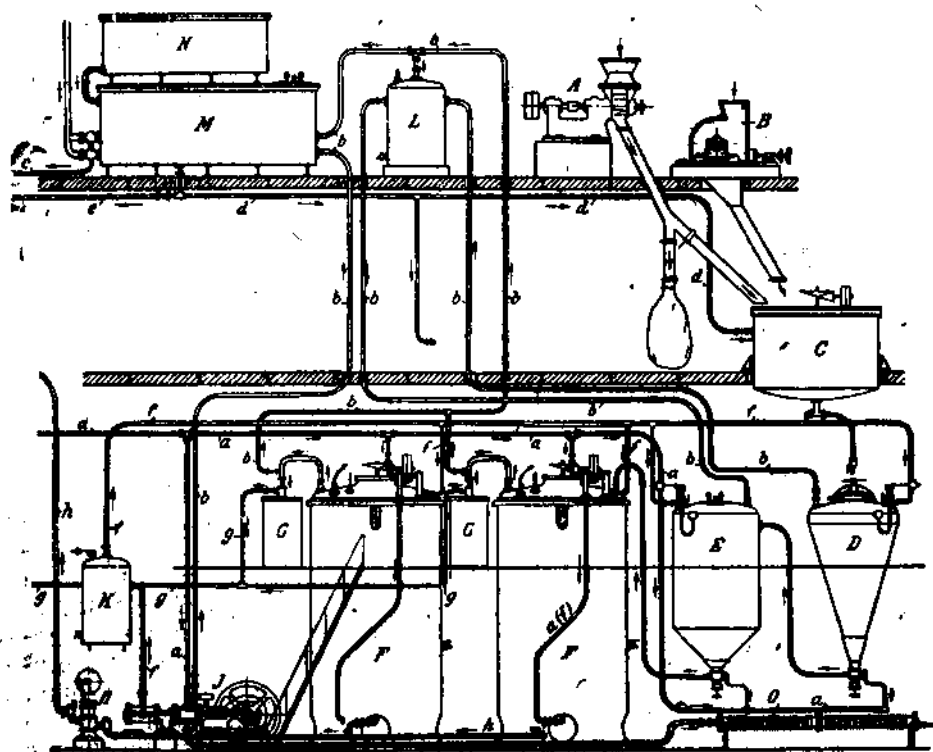


Рис. 133. Схема установки для варки кукурузы по Бюадену.

ной воды *N* (рис. 133) устанавливается бак *M* для горячей воды, обогреваемый циркуляционным паром из запарников Генце и отработанным паром. Кукурузу измельчают грубо на мельнице *A*, размешивают в заторможенном чане *C* с водой (1 кг кукурузы на 3 л воды), к которой на 1 000 кг кукурузы прибавлено 4—8 л соляной кислоты в $18-19^{\circ}$ Боуме так, чтобы после замачивания в течение $1-1\frac{1}{2}$ час. в воде не было свободной

соляной кислоты, обнаруживаемой посредством красного ализарина. После хорошего размешивания смесь воды и кукурузной крупки подваривают до 60° Ц и через 1—1½ часа спускают для варки в малый запарник Генце D.

Чтобы лучше растворить крахмал и варить зерно как можно меньше времени при высоком давлении, которого желательно избежать, так как образующиеся при этом в заторе продукты разложения задерживают размножение плесени и дрожжей, Боаден производит варку кукурузы последовательно в двух запарниках Генце D и E. В меньшем запарнике D кукурузу быстро доводят до давления 3,5—4 атм. и при этом давлении варят 30—50 мин.; затем массу из малого запарника быстро перепускают в большой цилиндрико-конический запарник E. При таком быстром переходе массы из аппарата, в котором давление 4 атм., в пустой запарник, где давление равно атмосферному (1 ата), происходит взрыв в каждой клеточке кукурузного зерна, крахмал выходит из клеточки и, когда затем кукурузу разваривают еще полчаса при малом давлении в 2 атм., крахмал отлично растворяется.

Такое двойное разваривание кукурузы или другого зерна очень полезно производить в тех случаях, когда перерабатывают сырое, в л а ж н о е з е р н о. Автор имел случай видеть еще 30 лет тому назад, как русские винокуры применяли с успехом этот прием двукратного распаривания зерна.

Заполнение бродильного чана затором. Сваренная в запарниках Генце кукурузная масса выдувается непосредственно в бродильный чан, который должен быть предварительно тщательно очищен и пропарен. После выдувания запарников первого затора масса в бродильном чану выпуском пара через клапан на нижнем днище и при постоянной работе мешалки подогревается до кипения, для стерилизации чана и затора. Температура кипения поддерживается все время, пока не закончат заполнение чана. В последнем должна быть оставлена неполнота, достаточная для приведения массы в кипение и для подъема во время брожения. Кипение производят так долго, чтобы основательно посредством выделяющегося пара простерилизовать стенки и верхнее днище чана, трубу для углекислого газа, ловушку и трубку для задачи плесени и дрожжей.

Расхлаживание затора. После стерилизации и перед тем как начать расхлаживать затор, следует впустить в бродильный чан через отверстие в верхнем днище фильтрованный воздух, подаваемый помощью компрессора из сборника для воздуха K. Все время пребывания затора в бродильном чану следует стараться, чтобы в последнем давление было постоянно выше атмосферного; тогда инфекция снаружи не может проникнуть в чан.

Расхлаживание затора производится до 38° Ц, так как температура эта благоприятна для размножения плесени «мукор деламар». При производстве по способу «амило» избегают устанавливать внутри чана холодильные змеевики, на которых могли бы оставаться частицы бражки с неизбежной инфекцией затора. Расхлаживание производят при работе мешалки исключительно посредством поливания наружной поверхности чана холодной водой, для чего на самом верху чана помещено кольцо из водяной трубы с отверстиями, обращенными к стенке чана. Расхлажи-

вание идет медленно и длится в малых чанах около 6 час., в очень больших — около 24 час.

Задача плесени и дрожжей. Для развития плесени «мукор деламар» в достаточном количестве, чтобы осахарить затор емкостью в несколько тысяч декалитров, следует задать в него чистую культуру плесени, размножившейся внутри двухлитровой колбы. С этой целью за двенадцать дней до посева отваривают рис до половинной мягкости его и насыпают небольшую горсть в двухлитровую колбу; закручивая последнюю, распределяют рис тонким слоем по всей внутренней поверхности колбы, заты-

кают колбу ватной пробкой, 2 раза с перерывом в 1 день стерилизуют, а когда рис хорошо остынет, задают в колбу из пробирки посев чистой культуры плесени и долго закручивают колбу в руках для равномерного распределения посева по всей поверхности риса. Через несколько дней на поверхности риса внутри колбы появляется нежный белоснежный пушок мицелия «мукор деламар». Еще через несколько дней, когда над мицелием появятся спорангиеносцы, посев готов для задачи в чан. Для этой цели со всей осторожностью, какая и полагается при работе с чистыми

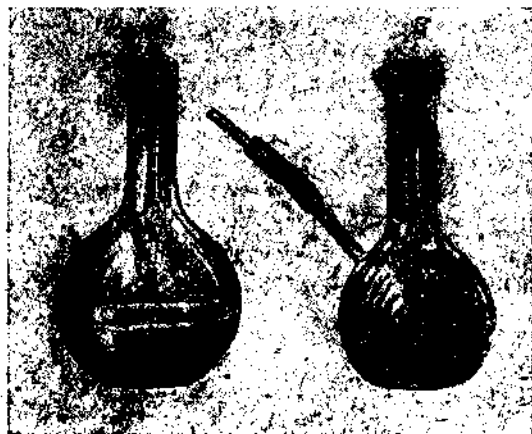


Рис. 134. Колбы с дрожжами и плесенью чистой культуры для способа «амило».

культурами, наливают в колбу до $\frac{2}{3}$ ее емкости стерильного солодового сусла, хорошо размешивают и дают стоять для размножения спор плесени 10—12 час., затем со всеми предосторожностями выливают после хорошего размешивания в бродильный чан, когда температура затора в нем достигла 38°C (эта температура благоприятна для размножения плесени). Мешалка должна все время работать, и все время следует продувать снизу вверх через толщу затора фильтрованный стерильный воздух, что необходимо для того, чтобы в чану было давление выше атмосферного, которое не допустит инфекции проникнуть в чан, и чтобы содействовать быстрому размножению плесени. Последняя при неподвижности затора размножается главным образом на поверхности, образуя толстые нити мицелия и крупные спорангии (см. рис. 130), а при работе мешалки и продувании воздуха размножается в самой жидкости в виде тонких нитей и маленьких спорангий. По мере размножения плесени усиливается ее осахаривающее действие на крахмал, что можно видеть по реакции пробы затора на иод. Через 24 часа осахаривание затора обычно бывает закончено и вместе с тем заметно выделение на поверхности жидкости газа, так как плесень обладает также способностью разлагать сахар с образованием спирта и углекислого газа. Но сбраживающая способность пле-

сени слабая и брожение длилось бы слишком долго и потому необходимо задать дрожжи. Последние засевают за 10 час. до задачи в чан в двухлитровой колбе со стерильным суслом (см. рис. 134), и когда в чану будет температура 28—30° Ц, подходящая для дрожжей, тогда хорошо размешивают колбу с дрожжами и со всеми предосторожностями задают в чан через таковую заразительную трубочку (см. рис. 131). Когда дрожжи так сильно размножатся, что начнется сильное выделение углекислого газа и вследствие этого в бродильном чану давление будет выше атмосферного, прекращают продувание воздуха, но мешалка должна продолжать работать до самого конца брожения.

Продолжительность всего процесса. В то время как при обычном способе работы вся переработка длится двое—трое суток, по способу «амило» она длится 5 суток: 1 сутки приготовление затора, 1 сутки осахаривание затора и 3 суток от момента задачи в чан дрожжей до спуска на аппарат, причем все 5 суток должна работать мешалка.

Переработка картофеля

По способу «амило» спиртовые заводы вполне успешно перерабатывали кукурузу и рис, но долгое время не удавалось перерабатывать картофель. По исследованиям Геннеберга, при варке картофеля под высоким давлением в запарниках Генце по способу, какой обычно применяют на практике, в нем образуются вещества, вредно действующие на плесень «мукор деламар» и препятствующие ее размножению. При задаче этой плесени в картофельный затор, сваренный без давления, плесень хорошо размножалась.

Позже Боадену удалось выработать способ для переработки картофеля. Для этой цели картофель растирают сначала на терке В (см. рис. 133) в тонкую кашу и затем спускают в заторный чан С, где ее тщательно размешивают с 150% воды, отваривают до 60—65° Ц, прибавляют 10% по весу картофеля зеленого солода затем при постоянном размешивании и нагревании, поднимают температуру до 75° Ц, и при этой температуре держат массу $\frac{1}{4}$ часа для разжижения. После этого массу спускают в запарник Генце, быстро поднимают давление до 4 атм., поддерживают такое давление 5 мин., выдувают массу во второй большой запарник Генце, в котором картофель варят еще $\frac{1}{4}$ часа при давлении только в 2 атм. По сообщению Фота, на одном из германских заводов успешно перерабатывают картофель по способу «амило» уже в течение 15 лет.

Видоизменение способа «амило»

Фот видоизменил способ ведения производства «амило». Он считает, что возбуждение брожения в чанах емкостью в несколько тысяч декалитров задачей только одной колбы дрожжей делает производство ненадежным и замедляет брожение. Поэтому он предложил поставить на заводе промежуточный чан (см. на рис. 135) величиною с обыкновенную дрожжанку, в которой предварительно по способу Ганзела-Линднера размножают постепенно дрожжи чистой культуры, а затем уже эти

дрожжи поступают в большой бродильный чан. Способ этот и принят в настоящее время на спиртовых заводах, работающих по способу «амило».

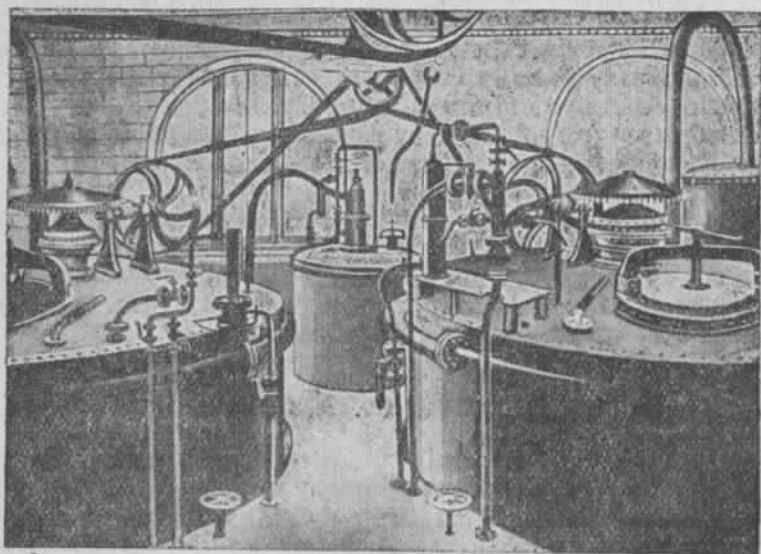


Рис. 135. Бродильное отделение спиртового завода, работающего по способу «амило» с промежуточными чанами для размножения дрожжей чистой культуры.

Качество барды, получаемой при способе «амило»

Мицелий плесени, распространяясь по всей массе затора, способствует тому, что при фильтровании барды очень легко разделяется на фильтрат и хорошего качества жмых (дробина), который имеет большое кормовое достоинство. Фильтрат выкачивают на поля орошения, а жмых целиком утилизируется.

Преимущества и недостатки способа «амило»

Преимущества этого способа заключаются в следующем.

а) При хорошем ведении производства выход спирта из 1 ц крахмала по этому способу (66 л) на 2 л выше выхода (64 л) по обычному способу, т. е. на 3⁰/₀.

б) При этом отпадает необходимость в изготовлении солода, и исключаются потери крахмала (12⁰/₀), которые обычно имеются при проращивании солода, не говоря о затратах на помещение для солодовни и на содержание солодовщиков.

в) Исключается совсем из оборудования завода заторный чан, так как выдувание из запарников Генце производят непосредственно в бродильный чан.

К недостаткам этого способа следует отнести следующие:

а) Вследствие того что процесс производства затягивается до 5 суток необходимо увеличить число бродильных чанов на 60%.

б) Расход пара и топлива больше чем при обыкновенном способе работы, так как прибавляется расход пара на кипячение затора для стерилизации и энергии на размешивание затора в течение 4 суток.

При работе по способу «амило» необходимо оборудовать на заводе хорошую биохимическую лабораторию и пригласить высококвалифицированный персонал, который вел бы производство с полным знанием дела, так как при неумелом ведении убытки по этому способу могут быть втрое выше, чем по обычному способу.

Это последнее обстоятельство должно быть и было причиной того, что способ «амило» не привился у нас, хотя опытное производство по этому способу было организовано на учебном заводе в Тверской губернии еще в 1903 г. Тогда было сделано 5 заторов из кукурузы, причем 4 затора были вполне удачные, в пятый же затор попала инфекция маслянокислой бактерии, которая быстро размножилась и вызвала такое обильное образование масляной кислоты, что затор пришлось спустить в канаву.

ВЕДЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО СТЕРИЛЬНОГО БРОЖЕНИЯ ПО СПОСОБУ ФЕРЛИНДЕНА Сущность способа Ферлиндена

Обычно при ведении хлебно-картофельного производства из крахмалыстых материалов, последние выдуваются в заторный чан из запарников в стерильном виде, так как высокое давление в 3—4 атм. и связанная с ним высокая температура в 140—150° Ц убивает не только бактерии, но и все споры их. Солод, который задают в затор для осахаривания крахмала, вносит большую инфекцию в затор, так как на поверхности его имеются миллионы различных микроорганизмов. Поднимать температуру в заторе выше 61° Ц, чтобы убить эти микробы, опасаются, чтобы не повредить осахаривающей способности солода, которую необходимо сохранить до конца брожения для осахаривания декстринов. Если же задавать в затор антисептики в количестве, обычно задаваемом в дрожжи, чтобы иметь более чистое, без инфекции, брожение, то приходится задавать их в таком большом количестве, что при этом диастаз солода совершенно теряет свою осахаривающую способность и следовательно декстрины и в этом случае будут сброжены.

Таким образом казалась неразрешимой задача сделать хлебно-картофельные заторы, в которые поступает зеленый или сухой солод для осахаривания крахмала, стерильными, чтобы в них не могли размножаться посторонние микроорганизмы, пожирающие не только часть сахара, но губящие и диастаз солода и вызывающие плохой отброд затора.

Однако, задачу эту удачно разрешил бельгийский инженер Ферлиден, который нашел способ, как сделать солод стерильным, не повреждая его диастатической способности. Изучая вопрос о действии разных антисептиков на дрожжи, бактерии и солод, он нашел, что

если в солодовое молоко задать 1% объем, продажного формалина, или 0,3% чистого формалина и дать формалину воздействовать в течение 1—2 час., то последний убивает все микроорганизмы, делая солодовое молоко совершенно стерильным; диастаз при этом от формалина несколько не страдает и полностью сохраняет свою энергию осахаривания. Когда же солодовое молоко поступает в большой затор, то формалин, составляющий в нем очень ничтожный процент, не может вредить дрожжам.

Такое же действие производят и другие антисептики — масляная кислота и муравьиная кислота, которых достаточно взять 1 л 50%-ного раствора на 100 л солодового молока для полной стерилизации солода.

Метод Ферлиндена ведения «стерильного брожения» формалином применяется с успехом на многих заводах Бельгии и Франции. Он заключается в следующем.

Сырой материал — картофель, кукуруза или другое хлебное зерно варится под высоким давлением в запарниках Генце и выдувается непосредственно в бродильный чан, снабженный мешалкой и устроенный так, как бродильный чан для способа «амило» (см. рис. 131). Выдутая масса, а равно и сам чан тщательно стерилизуются. Вся работа ведется так же, как по способу «амило», с той только разницей, что вместо плесени для осахаривания затора задают простерилизованный зеленый солод.

Количество зеленого солода и способ его задачи

В Бельгии, где обычно кукуруза дешевле ячменя, для понижения себестоимости спирта важно то обстоятельство, что Ферлинден берет ячменя на солод на 100 кг кукурузы вместо 10 кг только 5 кг. Это возможно было потому, что, имея стерильный затор и стерильный солод, он вел осахаривание крахмала затора при температуре не выше 50—55°C. При этой температуре диастаз солода сохраняет всю свою энергию и осахаривание длится не 15—20 мин., а 3—5 час.

Чтобы лучше, совершеннее утилизировать крахмал солода, поступают следующим образом.

На 100 л воды, назначенной для зеленого солода (на 1 кг солода — 2,5 л воды) задают 1 л формалина, хорошо размешивают, задают тонко раздробленный зеленый солод и для воздействия формалина на бактерии дают постоять около 2 час. Затем солодовое молоко разделяют посредством фильтрования через металлическое сито, как это обычно делают при затирании солода на пивоваренных заводах, на 2 части: на дробину, содержащую кожуру и большую часть крахмала солода, и на фильтрат, содержащий в растворе диастаз солода.

После заполнения бродильного чана и стерилизации затор начинают расхоложивать, и при температуре 75°C, задержав расхолодку, задают всю дробину солода, чтобы разжижить крахмал затора, «склеистерить и разжижить» крахмал зеленого солода. Если на кожуре остались микробы, не убитые окончательно формалином, то достаточно высокая тем-

температура — 75° Ц — их окончательно убьет. Через $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ часа после задачи дробины солода затор расхоложивают до 57° Ц; задают фильтрат солодового молока и осахаривают при 50—55° Ц до тех пор, пока проба затора на под не покажет полноты осахаривания. Во время осахаривания мешалка должна работать.

Стерилизация дрожжей

Ферлинден изменил способ задачи дрожжей с тем, чтобы сделать его более надежным. По способу «амило» задают на бродильный чан емкостью в 1 000 джл и больше 1 л дрожжей чистой культуры; он же задает обычно 5 кг прессованных дрожжей и минимум 2 кг. Для этой цели он берет дешевые пивные дрожжи или просто прессованные дрожжи, но до употребления разводит их в воде, содержащей на 1 джл 60—80 см³ крепкой серной кислоты в 66° Боме, что соответствует кислотности в 4,4—6° Дельбрюка. В такой воде дрожжи лежат один час, причем все посторонние микроорганизмы погибают, дрожжи же выживают.

Очищенные дрожжи задают при температуре 28—30° Ц в затор и очень хорошо размешивают. Все время вдуванием сверху фильтрованного воздуха поддерживают в чану давление выше атмосферного, чтобы внутрь чана не проникли посторонние микроорганизмы. Когда дрожжи забродят так сильно, что в чану получится давление от углекислоты выше атмосферного, прекращают вдувание воздуха. Длительность брожения от момента задачи дрожжей до сгонки составляет трое суток.

Выгоды и преимущества способа Ферлиндена

Этот способ несомненно имеет следующие большие преимущества:

- 1) большой выход спирта;
- 2) малый расход солода;
- 3) небольшой размер потерь крахмала вследствие чистого брожения и понижения наполовину потерь крахмала при солодоращении;
- 4) возможность ведения производства без приготовления отдельных дрожжей, пользуясь только прессованными дрожжами.

Эти преимущества вызвали переход многих крупных заводов Западной Европы на ведение производства по способу Ферлиндена.

На крупных заводах СССР, где имеются дешевые прессованные дрожжи, следует перейти на ведение производства по способу «стерильного брожения». В случае отсутствия прессованных дрожжей завод должен вести дрожжи чистой культуры, размножая их в аппаратах Линднера и Ганзена до величины хотя бы в 2—4% от емкости бродильного чана.

ХЛОР И БЕЛИЛЬНАЯ ИЗВЕСТЬ ВМЕСТО ФОРМАЛИНА ДЛЯ ВЕДЕНИЯ СТЕРИЛЬНОГО БРОЖЕНИЯ

Если наши заводы не перешли полностью на ведение производства по способу Ферлиндена, то многие из методов последнего привились уже в практике спиртовых заводов СССР.

Так, прием Ферлиндена очистки пивных и прессованных дрожжей путем настаивания их в течение 1—2 час. с повышенным количест-

вом серной кислоты применяется уже широко на спиртовых заводах СССР для очистки маточных дрожжей. Производство на спиртовых заводах СССР особенно сильно страдает в летние месяцы, когда получается нездоровый солод, зараженный посторонними микроорганизмами. Желая устранить убытки, которые несут наши спиртовые заводы при летнем производстве, А. А. Фукс выступил в июле 1932 г. на всесоюзной конференции Главспирта по технической реконструкции с докладом о широком применении формалина на спиртовых заводах для достижения более стерильного брожения и лучших выходов спирта¹.

Затем были внесены предложения о замене формалина, который является в СССР дефицитным материалом, хлором или белильной известью.

Проф. К и р о в во всеукраинском научно-исследовательском институте ферментативной промышленности провел работу, в которой показал, что полезно плохую прудовую или речную воду обрабатывать непосредственно хлором, задавши 10 мг активного хлора на 1 л воды или действуя белильной известью (около 30 мг на 1 л). Он рекомендует поставить специальный деревянный бак для хлорирования воды и пользоваться только такой водою для мойки и полоскания чанов, для долива чанов с бражкой и пр.

Проф. С. В. Лебедев работал во Всесоюзном научно-исследовательском институте спиртовой промышленности над вопросом замены формалина хлором для стерилизации зеленого солода. Его опыты показали, что стерилизующие действие хлора сильнее действия формалина. Так, когда на 1 кг зеленого солода было взято 2,5 л воды и на каждый литр воды было задано 0,07—0,10% чистого формалина, то после 20 мин. воздействия на поверхности солода осталось еще неповрежденной 5—10% первоначальной инфекции; между тем при задаче такого же количества хлора и действии его в течение 20 мин. на поверхности солода остается неповрежденной только 0,1% первоначальной инфекции. Затрата формалина на стерилизацию 1 т зеленого солода равна по стоимости 5 р. 12 к., а стоимость хлора — только 1 р. 16 к.

Проф. Лебедев приходит к выводу, что спиртовые заводы должны, в особенности в летние месяцы, применять для стерилизации солода хлор, причем активного хлора должно быть в 1 л воды 900 мг и вода должна действовать на солод 20 мин. После 20 мин. промывки солода в хлорной воде он поступает на дробилку. Опыты на заводе «Первенец Кубанский», проведенные в летнее жаркое время, показали, что промывание солода в воде, содержащей 900 мг хлора в 1 л, снизило отброды заторов, нарастание кислотности в них и повысило выход спирта.

¹ См. «Сборник работ по спиртовой промышленности», Снабтехиздат, 1934 г., Прим. ред.

ГЛАВА XII

Переработка прочих крахмалистых материалов на спирты и производство спирта из гороха, бобов и вики

Горох, бобы и вика редко расходуются для добывания спирта, так как по большому богатству азотистых веществ они весьма ценны как питательный и кормовой материал. Но изредка это случается, когда они слегка по той или другой причине попорчены и стоимость их понизилась. Химический состав этих сырых материалов приведен в табл. 22.

Таблица 22

Химический состав гороха, бобов и вики (в %)

	Горох	Бобы	Вика
Вода	14,0	14,0	15,3
Сырой протеин	22,5	25,4	26,0
Сырой жир	1,6	1,5	1,7
Безазотистые экстрактивные вещества	53,7	48,5	49,8
Клетчатка	5,4	7,1	6,0
Зола	2,8	3,2	3,2

Из этих данных видно, что в то время как хлебное зерно содержит в среднем 10—12% азотистых веществ, в горохе и бобах количество азотистых веществ вдвое больше; но эти белковые вещества нерастворимы, не диффундируют и потому для питания дрожжей мало пригодны.

При приготовлении затора обычно горох на ночь замачивают в холодной воде, тогда он на другой день легко разваривается. Гейнцельман также советует замочить на ночь горох в запарнике Гейнце и на другой день варить его, как варят кукурузу. Но при приготовлении за сутки 10—12 заторов нет времени для такой продолжительной замочки. Наши техноруки обычно ограничиваются замочкой этого материала в течение $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ часа при 60° Ц в бункерах, стоящих над запарниками Гейнце; быстро подваривают до 90° Ц и затем спускают бобы вместе с водой в запарник. При открытом воздушном вентиле варят еще 25 — 30 мин., чтобы выпустить воздух, а также для того, чтобы содействовать

лучшему насыщению материала водой; затем поднимают давление до 3—3½ атм., при каком давлении варят около часа до полной готовности, пуская по временам пар на циркуляцию. Поднимать при варке в запарниках Генце давление выше 3½ атм. избегают, так как при таком давлении происходит разложение белков, жиров, карамелизация сахара; затор буреет и тогда в нем плохо проходит процесс брожения.

Заторы получаются большей частью густые, малоподвижные и так как и дрожжи в них не так хорошо размножаются, как в картофельных заторах, то следует производить смешанные заторы; один запарник Генце гороха или бобов и один запарник картофеля или кукурузы; следует также на горох или бобы взять на 10% больше солода, чем для кукурузы.

Выход спирта из 14 гороха или бобов не высок и равен приблизительно 21—24 л. Спирт получается хорошего вкуса.

Варда гороховая или бобовая при богатстве белковыми веществами расценивается очень высоко; в Германии ее ценят в 2½ раза дороже картофельной.

Также более целесообразна смешанная переработка отходов с мельниц. Эти отходы обычно содержат такое большое количество песка и грязи и так быстро и сильно изнашивают запарники и выдувные трубы, что отдельная переработка их на спирт невыгодна.

ПРОИЗВОДСТВО СПИРТА ИЗ РИСА

В СССР рис перерабатывают на спирт редко, но в некоторых странах, например в Италии, его перерабатывают в больших количествах, чаще всего подмоченный рис, который по выгодной цене закупается для спиртовых заводов. Лучше всего подмоченный рис немедленно просушить; тогда он легко перерабатывается и не портится. Химический состав риса без наружной шелухи следующий (в %)

Вода	14	Жиры	0,4
Белковые вещества	7,7	Клетчатка	2,2
Безазотистые экстрактивные вещества	75,4	Зола	0,3

При этом содержание крахмала достигает 60—70%.

Обычно рис перерабатывают без шелухи, так как заторы с последней дают спирт с острым запахом акролеина (запах пригорелого масла).

Так как рис содержит крахмала больше, чем другие зерновые материалы, а растворимых азотистых веществ, годных для питания дрожжей, меньше, то на 1 кг риса берут воды в запарник 2,6 л и на 100 кг риса берут зеленого солода 16%.

Варку риса ведут так же, как варку кукурузы.

Брожение рисовых заторов проходит легко. Ввиду высокой доброкачественности рисовых заторов, они выбраживают до 0,5° Бал и даже до нуля.

Спирт, полученный из шелушеного риса, имеет приятный вкус. Выход его из 14 шелушеного риса равен 36—42 л.

Варда рисовая хорошего качества.

Если сырой спирт, полученный из не шелушеного риса, имеет характерный запах акролеина, то для успешной очистки при ректификации следует его до ректификации предварительно обработать лекамеоном.

ПРОИЗВОДСТВО СПИРТА ИЗ СОРГО

В последние годы в южных частях СССР в большом размере культивируют сорго, зерна которого напоминают просо, только они несколько крупнее. Стебель проса достигает только 0,5 м или несколько выше, а у сорго он часто выше 2 м. Поэтому кроме урожая зерна сорго дает значительный урожай стебля и листы, которые идут в силос и представляют хороший корм.

Как показали трехлетние опыты зональной станции им. т. Сталина на Сев. Кавказе¹, при параллельном культивировании нескольких сортов сорго и кукурузы за 1929, 1930 и 1931 гг. с 1 с той и другой культуры получено в среднем по 28 ц зерна. У сорго имеется только то важное для Армавирского района преимущество, что оно лучше чем кукуруза переносит засуху и суховей, хотя и кукуруза принадлежит к сухостойным растениям. Химический состав различных сортов сорго и кукурузы приведен в табл. 23.

Таблица 23

Химический состав различных сортов сорго и кукурузы (в %)

	Вода	Протеин	Безазотистые экстрактивные вещества	Клетчатка	Жиры	Зола
Сорго «желтое майло»	10,2	10,7	71,0	3,3	1,6	2,4
» «карликовое желтое майло»	9,3	12,3	71,9	3,2	1,4	1,6
» «фетерит»	9,1	12,1	70,7	2,9	1,4	1,6
Кукуруза	10,6	10,3	70,4	5,0	2,2	1,5

Из данных этой таблицы видно, что сорго близко по химическому составу к кукурузе, но беднее жирами и богаче золой.

Интересно, что содержание клетчатки у сорго (3%) даже меньше, чем у кукурузы (5%); объясняется это тем, что у сорго кожура очень тонкая. Этим объясняется и тот факт, что сорго, сваренное в запарниках Генце, в отличие от проса, не дает при брожении покрышки над жидкостью в бродильном чану. Меньшее содержание кожуры, по сообщению т. Ч а й к а, сказывается в том, что при форсировании сгонки бражки на аппарате, последняя легко перебрасывается из бражной колонны в спиртовую, причем кусочки кожуры засоряют отверстия сит и понижают производительность аппарата; поэтому перегонку бражки из сорго следует вести медленнее, чем перегонку кукурузной бражки.

Как сообщает т. Чайка, переработку сорго они производили очень успешно следующим путем. На 96 ц сорго задавали сразу в заторный чан перед выдуванием 15 ц зеленого солода (80% ячменного + 20% про-

¹ См. «Бродильн. промышленность» 1932 г., № 8.

сяного). После весов кукуруза или сорго поступали в бункер над запарниками Генце, в котором замачивались около 2 час. в воде с температурой 80—90° Ц, а затем зерно с водой поступало в запарник Генце. После выпуска воздуха варка производилась нижним паром в течение 1 часа, так что к концу этого времени давление поднималось до 3 атм., при этом давлении держали 20 мин., быстро поднимали давление до 4 атм., поддерживали его 15 мин. и приступали к выдуванию. В один заторный чан выдували 4 запарника, причем выдувание одного запарника длилось 7 мин. Первые 3 запарника выдували, поддерживая в заторном чану температуру 46—47° Ц; при выдувании четвертого запарника доводили температуру до 62° Ц и оставляли при этой температуре для осахаривания на 10 мин., после чего начинали охлаждать.

Сорго дает жидкие, подвижные заторы, но в сравнении с кукурузными они мало нагреваются при брожении, менее энергично бродят, а потому следует для заторов из сорго производить более высокую температуру складки, чем для кукурузных.

Очевидно затор из сорго содержит меньше растворимых, азотистопитательных веществ, чем кукурузный и поэтому в нем размножение дрожжей проходит медленней. Этим можно объяснить тот факт, что в то время как кукурузный затор при первоначальной температуре складки затора в 23° Ц поднял температуру за 8 час. до 29° Ц, сорговый затор при первоначальной температуре 25° Ц при том же количестве зеленого солода и дрожжей повысил температуру до 29° Ц лишь через 9½ час.

Хотя процесс возбуживания проходит в сорговых заторах более вяло, однако общий результат брожения не плохой, как можно видеть из следующих результатов анализа (табл. 24).

Таблица 24

Анализы сладкого затора и зрелой бражки

	В сорговых заторах	В кукурузных заторах
Влажность зерна в %	11	22
Содержание крахмала в %	51	50,8
Показание баллига сладкого затора в °	19,5	18,9
Кислотность сладкого затора в ° Дельбрюка	0,42	0,45
Содержание мальтозы в сладком заторе в %	14,8	14,3
» декстринов в сладком заторе в %	2,36	2,34
Отношение мальтозы к декстринам	6,25 : 1	6,1 : 1
Истинный коэффициент доброкачественности	87,8	88
Видимый отброд в ° Бал.	0,0	0,0
Истинный отброд в ° Бал.	2,4	2,1
Кислотность в см³	0,7	0,65
Содержание мальтозы в зрелой бражке в %	0,48	0,43
» декстринов в зрелой бражке в %	0,59	0,48
Выход спирта с 1 ц зерна в л.	32,3	32,5
» » 1 ц крахмала в л.	64,2	65,0

Из анализов видно, что доброкачественность сорговых заторов (87,8%) такая же высокая, как и кукурузных, и этим объясняется очень низкий видимый отброд (0) в этих заторах.

В данном случае варка сорго и кукурузы в запарниках Генце велась хорошо, солод был хорошего качества, заторная мешалка превосходно работала, выдувание затора велось действительно при благоприятных для диастаза температурах, доброкачественность заторов была хорошая и потому в сладком заторе имелось большое количество мальтозы и мало декстринов, так что отношение мальтозы к декстринам, какое в картофельных заторах бывает равным $M : D = 4 : 1$, здесь достигает $M : D = 6,95 : 1$, т. е. почти 7.

Процентное содержание крахмала в сорго и кукурузе почти одинаковое — 51% и выход с 1 ч крахмала очень высокий: он равен 64 — 65 л.

Барда из сорго очень хорошего качества и охотно поедается скотом.

ПЕРЕРАБОТКА КРАХМАЛА [ВТОРОГО СОРТА (ГРЯЗЕВОГО КРАХМАЛА) И КАРТОФЕЛЬНОЙ МЕЗГИ

На заводах, добывающих крахмал из картофеля, особенно много затруднений вызывает получение крахмала первого сорта из второго и тем более из третьего сорта; во многих случаях считают более выгодным продать крахмал второго и третьего сорта на спиртовые заводы, чем перерабатывать его для получения крахмала первого сорта. В настоящее время проектируются крахмально-спиртовые комбинаты, т. е. такие заводы, на которых будут получать крахмал первого сорта, а все остатки крахмального производства вместе с мезгой и попорченным и подгнившим картофелем будут поступать тут же на спиртовый завод для переработки на спирт, причем оба завода будут иметь общее паросиловое хозяйство.

Такой комбинат весьма выгоден с точки зрения интересов нашего народного хозяйства. Второй сорт крахмала или, как его называют на практике, **г р я з е в о й к р а х м а л** содержит в сухом веществе от 50 до 90% крахмала, около 4 — 60% воды и очень мало азотистых питательных веществ для дрожжей и поэтому заторы из него бродят плохо. При отдельной его переработке на спирт берут большое количество зеленого солода или же перерабатывают его совместно с картофелем или с хлебным зерном, причем варят крахмал в отдельном запарнике Генце.

Это последнее необходимо производить по следующей причине. Грязевой крахмал при продолжительной варке под высоким давлением дает клейкую мало подвижную массу, которая потом плохо осаживается, а потому следует избегать высокого давления.

Хорошо перерабатывать грязевой крахмал следующим образом. Сначала в заторном чану тщательно размешивают крахмал в воде, в которую задано 1 1/2% зеленого солода по весу крахмала (затираание должно быть тщательное, чтобы разбить все комья), затем подваривают до 75° Ц, держат при этой температуре для разжижения 1 1/2 часа, после чего перекачивают в запарник Генце, в котором доводят давление до 2 атм., поддерживают это давление 15—20 мин. и выдувают.

Если заторный чан занят и приходится засыпать крахмал прямо в запарники Генце, то следует набрать в запарник воды температуры 55° Ц (на 1 кг грязевого крахмала — 2 л воды), всыпать 1% по весу крахмала солода, размешать, пустить снизу пар и при постоянном энергичном размешивании засыпать сырой крахмал.

Для осахаривания крахмала, а также для питания дрожжей, кроме того зеленого солода, который поступил для разжижения затора, берут еще 7⁰/₀ зеленого солода, отваривают затор до 61° Ц и продолжают осахаривание до тех пор, пока реакция затора на иод не даст никакого окрашивания¹.

Наиболее бедным по процентному содержанию крахмала отбросом крахмально-картофельного производства является картофельная мезга, которая получается на крахмальных заводах при промывании картофельной кашки. Из 100 кг картофеля получают 75 кг картофельной мезги, содержащей 6⁰/₀, или 4,5 кг сухого вещества и 94⁰/₀ воды. При хранении в ямах, стенки и дно которых впитывают воду, процентное содержание воды в мезге может понизиться от 94 до 80⁰/₀. Путем прессования можно еще понизить содержание в ней воды до 75⁰/₀.

Для долгого хранения прессованную картофельную мезгу сушат до содержания в ней воды в 15⁰/₀, после чего она поступает на рынок под названием «сушеной мезги». Химический состав сырой и сушеной мезги (по Фоту) приведен в табл. 25.

Таблица 25

Химический состав мезги по Фоту (в %)

	Сырая мезга	Сушеная мезга
Вода	94,0	15,0
Сырой белок	0,3	3,8
Безазотистые экстрактивные вещества	4,8	67,6
Сырой жир	0,02	0,16
Сырая клетчатка	0,7	9,4
Зола	0,17	5,0

В 100 кг сырой мезги содержится приблизительно около 3 кг крахмала; в 100 кг же сушеной мезги находится около 50 кг крахмала, в зависимости от качества работы крахмального завода; чем хуже работа завода, тем больше крахмала в отбросах производства.

Перерабатывать самостоятельно сырую картофельную мезгу не следует, так как при малом содержании крахмала (в 5—6 раз меньше чем в картофеле) она дает заторы очень низкой концентрации, которые плохо бродят, потому что в них мало питательных веществ для дрожжей, причем заторы дают повышенный расход пара как для варки, так и для перегонки бражки.

Обыкновенно затор из картофельной мезги распределяют на три чана, которые предварительно на $\frac{2}{3}$ заполнены обыкновенным картофельным затором.

¹ Само собой разумеется, что грязевой крахмал возможно перерабатывать прямо в заторном чану без разваривания в гущах. Переработку ведут так же, как переработку кукурузной муки, с клейстеризацией при 90—95° Ц, разжижением при 75—85° Ц и последующим осахариванием при 61° Ц.

Барку в запарниках Генце ведут таким образом. Внижнюю часть генца, в вершину конуса нагружают 1—2 ц картофеля, а затем накачивают в запарник сырую картофельную мезгу, причем оставляют нижний конденсационный край открытым, чтобы через него стекала избыточная вода; в запарнике при заполнении оставляют не менее 15% неполноты. Барку в запарнике ведут около $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ часа при давлении $1\frac{1}{2}$ —2 атм, затем поднимают давление до 4 атм., держат это давление 15 мин. и приступают к выдуванию.

Выдуваемая масса густая, мало подвижная, плохо осахаривается и потому процесс осахаривания следует вести особенно внимательно.

Зеленый солод не следует задавать в сухом виде; нужно за час до выдувания приготовить из него солодовое молоко и в таком виде задавать постепенно небольшими порциями в 8—10 приемов в течение всего времени выдувания, поддерживая все время в заторном чану температуру не выше 55° Ц. По окончании всего выдувания задают остаток солодового молока, ополаскивают заторный чан и лишь тогда подваривают для стерилизации и осахаривания до 62° Ц. Осахаривание ведут до тех пор, пока проба на иод не даст никакого окрашивания. После осахаривания и расхолаживания задают в затор из картофельной мезги дрожжи и уже вместе с дрожжами разливают по бродильным чанам.

Более удобный способ переработки картофельной мезги, совместно с картофелем или с зерном, предлагает т. У н г е р¹.

Он проделал целый ряд опытных заторов, которые показали, что очень удобно брать картофельную мезгу, содержащую 5—7% вес. крахмала в качестве добавочного сырья в обыкновенный хлебно-картофельный затор с целью повышения баллинга затора, причем выгодно утилизируется крахмал картофельной мезги.

Получая из хлебных припасов заторы с концентрацией в 17° Бал, он при добавлении картофельной мезги стал получать заторы в 19—20° Бал. В то время, когда зерно или картофель варили в запарнике Генце, в заторном чану производили затирание картофельной мезги с наименьшим количеством воды; после хорошего размешивания и уничтожения комьев, задавали 1% зеленого солода по весу картофельной мезги. Солод задавали в виде хорошего солодового молока и быстро выдували половину всей массы из запарников, чтобы поднять температуру мезги до температуры, благоприятной для клейстеризации крахмала; до 90—100° Ц. Затем охлаждали затор до 55° Ц, задавали остальную часть солодового молока и продолжали выдувание обычным путем.

Выход спирта при двухсуточном брожении составлял 60 л с 1 ц крахмала.

ПРОИЗВОДСТВО СПИРТА ИЗ БАТАТОВ

Бататы — южное растение, имеющее вьющийся или ползучий, длинный стебель, толщиной около 1,5 — 2 см. Волокнистый ползучий корень его образует несколько мясистых клубней веретенообразной формы, белых или пурпурных (тогда они внутри желтовато-белого цвета). Клубни эти сладки на вкус, весят от 1,5 до 6 кг каждый.

¹ См. Журн. «Бродильная промышленность», 1933 г., № 3.

Бататы вкуснее картофеля, питательны, легко переваримы и полезны. Для стола их готовят разными способами вместе с картофелем. Тертые бататы супят и получают муку, из которой пекут хлеб, а также вырабатывают спирт. Молодые листья употребляют как зелень.

Культура бататов многолетняя, дает несколько урожаев и весьма нетребовательна к почве. Химический состав бататов (в %)

Вода	67—79	Жир	0,2—0,3
Белковые вещества	1—1,5	Клетчатка	0,5
Крахмал	9—16	Зола	3
Сахар	3,5—10		

Бататы варят в запарниках Генце как картофель и осаживают крахмал посредством солода.

Бататы содержат кроме крахмала значительный процент сахара, который легко карамелизуется при варке под высоким давлением. Поэтому (как это подтвердило опытное производство спирта из бататов на опытном заводе научно-исследовательского сектора спиртовой промышленности в Киеве) при варке бататов в запарниках Генце следует сначала поднять давление пара до 1,5 атм. и через 10 мин. выдуть в заторный чан собравшуюся плодую воду; затем опять поднять давление до 1,5 атм. на 10 мин. и вторично выдуть плодую воду в заторный чан, после чего мякоть бататов варить при 3—3½ атм.

При таком способе ведения варки бататов в запарниках Генце выход спирта больше, чем без спуска плодовой воды.

Интересно что при переработке бататов в июле, когда они вследствие усиленного дыхания при высокой температуре могли потерять весь свой сахар и крахмал, они еще дали выход в 6½—8½ л спирта с 1 ч бататов.

Сырой спирт из бататов имеет очень приятный аромат. В Португалии спиртовые заводы получают из 100 кг бататов около 12 л абсолютного спирта, а в Алжире — около 13 л.

Бататовая мука перерабатывается легко на спирт, так же как и кукурузная, причем из 1 ч муки получают выход спирта на 8—9 л больше, чем из кукурузной.

ПРОИЗВОДСТВО СПИРТА ИЗ ДИКИХ ИЛИ КОНСКИХ КАШТАНОВ

Исследование способа получения спирта из конских каштанов производил т. Забродский во Всеукраинском научно-исследовательском институте ферментативной и плодовоощной промышленности¹. Его исследование внесло некоторую ясность в этот вопрос.

Плоды каштанового дерева падают в виде зеленой круглой коробочки, покрытой шипами. Коробочка при падении или несколько позже растрескивается и из нее выпадает темнубурого блестящего цвета дикий каштан, который состоит из кожуры и ядра. Дикий каштан имеет следующий химический состав (в %):

Влага	50,2
Сухие вещества	49,8

¹ См. журн. «Бродильная промышленность», 1933 г., № 3.

В сухом веществе:

Вещества, восстанавливающие феллингову жидкость . . .	79
Сахар в соке	1,0—1,2
Сахар после инверсии	17,4
Кожура	14,1
Ядро	85,9
Дубильные вещества	2,26
Общая кислотность (в пересчете на молочную кислоту) . . .	0,27

Кроме дубильных веществ, в состав каштанов входят так называемые глюкозиды. Последние представляют сложные вещества, легко распадающиеся при действии минеральных кислот, а также энзимов на несколько простейших веществ, среди них обязательно образуется глюкоза, а отсюда и название «глюкозиды». Глюкозиды, дубильные вещества и продукты их распада разлагают феллингову жидкость и поэтому они увеличивают общую сумму веществ, восстанавливающих феллингову жидкость, которая служит мерилем ожидаемого выхода спирта из сырья.

Выше сказано, что сухое вещество каштанов содержит 79% веществ, восстанавливающих феллингову жидкость, но это не соответствует действительному содержанию сахара в каштанах; количество обрабатываемых веществ много меньше. Можно сказать, что 1 ч. каштанов по богатству обрабатываемого крахмала и сахара равноценны 1,8 ч. среднего картофеля и 0,6 ч. хлебного зерна среднего качества.

Чистые заторы из каштанов, крахмал которых был осахарен посредством задачи 20 и даже 30% зеленого солода, бродили очень плохо, и выход спирта еле соответствовал выходу из зеленого солода. Исследователи старались выяснить, в чем причина плохого сбраживания заторов. Действуют ли ядовитые вещества, находящиеся в каштанах, губительно на солод или на дрожжи. При этом выяснили, что угнетающим образом действуют на дрожжи и на солод не только дубильные вещества, но и глюкозиды и последние даже в большей степени, чем первые.

Исследователи искали пути, как избавиться от этого ядовитого действия дубильных веществ и глюкозидов и испробовали следующие меры:

Влияние кожуры каштанов, но оказалось, что каштаны с кожурой и без кожуры дают одинаково плохие результаты при осахаривании и сбраживании.

Нейтрализация сваренной в автоклаве каштановой массы посредством соды до кислотности 0,15—0,20° Дельбрюка или до pH = 6,5—6,95, по способу, предложенному К а р а с е в ы м. Нейтрализацию производили немедленно после окончания варки в автоклаве, причем на 1 кг каштанов расходовали для нейтрализации 3,5—5 г соды. При охлаждении до 80° Ц прибавляли 1% сухого солода для разжижения, а при температуре 55° Ц давали 20% по весу каштанов сухого солода с хорошей осахаривающей способностью в 3 см³ по Эфрону. Осахаривание длилось 1 час при температуре 55—60° Ц.

Брожение длилось 3 суток с дрожжами чистой культуры расы II. Однако выход спирта был неудовлетворительный; вместо ожидаемого выхода в 18—20 л с 1 ч каштанов получен выход только 8—9,4 л.

Разрушение ядовитых веществ каштанов посредством серной кислоты. Для этой цели к натертым каштанам прибавляли 0,35—0,75% серной кислоты (2—4 см³ на 1 кг каштанов) и затем варили 1,5—2

часа в автоклаве при давлении в 2,5 атм.; после этого одна часть каштанов нейтрализовалась содой, по вышеуказанному, другая же — не нейтрализовалась. Осахаривание с 20% солода длилось 1 час. Но после брожения выход спирта был очень мал и давал максимум 5 л с 1 кг каштанов

Обработка каштанов соляной кислотой, по способу Нагеля. Этот способ также удовлетворительных результатов не дал.

Обработка сваренной в автоклаве каштановой массы всевозможными веществами (как-то: гидрат железа, глинозем, квасцы, хлорное железо, хлористый кальций, поваренная соль, железный купорос, активированный уголь, инфузورная земля, желатин), также не увенчалась особым успехом: выход спирта составлял не более 7—8 л со 100 кг каштанов.

Экстрагирование вредных веществ из каштанов водой. Так как вытяжка водой из каштанов действовала губительно и на солод и на дрожжи, что показывало, что ядовитые вещества каштанов растворимы в воде, то пробовали удалить эти ядовитые вещества предварительным замачиванием, выщелачиванием каштанов или просто водой, или водой с добавлением химических реагентов, но удовлетворительных результатов не получили

Из вышеуказанного видно, что не имеется пока еще способа самостоятельной переработки конских каштанов с удовлетворительным выходом спирта.

Опыты показали, что при смешанном производстве из хлебного зерна и свежих каштанов, содержащих 45—50% воды, можно брать каштанов в затор в количестве 10%, причем эти смешанные заторы дают такие же хорошие результаты брожения, как чисто хлебные. При этом следует в смешанных заторах брать солода для осахаривания затора на 1—2% больше обыкновенного.

Так как крупные партии каштанов для переработки редко встречаются, то такое решение вопроса — добавление в запарники Генце к хлебному зерну 10% каштанов для переработки на спирт имеет известный практический интерес.

Переработка лежалых сухих каштанов. Очевидно, при 5—6 мес. лежании каштанов в сухом месте в каштанах происходят какие-то внутренние процессы, которые значительно понижают ядовитое действие каштанов на диастаз солода и на дрожжи.

Опыт показал, что когда сухие, лежалые каштаны замачивали в воде комнатной температуры, ежедневно меняя воду, в течение 3—4 дней до тех пор, пока каштаны не приобретали первоначальную влажность свежих каштанов, то, при приготовлении смешанных кукурузно-каштановых заторов, можно было перерабатывать весьма успешно заторы, содержащие даже 18—20% каштанов. Такие смешанные заторы давали такой же отброд, как и контрольный чисто кукурузный затор, и выход спирта составлял 15—18,5 л со 100 кг каштанов с влажностью 48%.

Если же сухие, лежалые каштаны не вымачивать, то при смешанных заторах их следует брать не более 10% по отношению ко всем припасам, поступающим на затор.

ПРОИЗВОДСТВО СПИРТА ИЗ ЖОЛУДЕЙ

Химический состав жолудей, по Кёнигу, следующий (в %)

Вода	26,6	Жиры	2,6
Азотосодержащие вещества	2,4	Клетчатка	4,5—9,5
Безазотистые экстрактивные вещества	34,5	Зола	1—2

Дубильной кислоты жолуди содержат около 2—2,5%. Вследствие этого заторы, приготовленные из одних жолудей, после того, как обродят 35% первоначального баллинга, приостанавливают брожение и дают очень низкий выход спирта.

По сообщению Забродского¹, при добавлении в запарники Генце к картофельно-просянным заторам жолудей в количестве 10—15%, заторы вырабатывают почти нормально, но выход спирта с 100 кг жолудей невысокий и составляет 8,2 л вместо ожидаемого из сырых жолудей выхода в 12 л с 1 %.

Ордене-Волжский научно-исследовательский институт пищевой промышленности сообщает², что при добавлении к просу, поступающему в запарники Генце, 10—13% вымоченных жолудей (жолуди вымачивают до поступления их в запарники Генце в воде температуры 55—60° Ц в течение 12 час.), с двухкратной сменой воды, брожение смешанных заторов было вполне нормальное и давало хороший выход спирта.

Таким образом для переработки жолудей, так же как и для переработки каштанов, можно рекомендовать вести смешанные заторы.

Способ раздельной варки в запарниках Генце жолудей и зерна и смешанного затирания с предварительной нейтрализацией жолудевого затора. Забродский сообщает, что при опыте на Даниловском заводе очень успешно обродил затор, содержащий 35% жолудей и 65% хлебных припасов. Жолуди были сварены в отдельном запарнике Генце, а варка зерна производилась в двух других запарниках.

В воду, которая шла для варки жолудей, прибавили на каждые 100 кг жолудей — 155 см³ серной кислоты. Жолуди быстро выдували и затем затор нейтрализовали до полной нейтральной реакции, затем охлаждали затор до 60° Ц, задавали $\frac{1}{4}$ всего заготовленного для затора солода и производили дальнейшее выдувание обыкновенным способом.

Затор этот бродил нормально, дал видимый отброд в 1,8° Бал, нарастание кислотности составляло 0,3° Дельбрюка. Выход спирта из 100 кг жолудей был не плохой и составлял 10,7 л.

Так как опыт этот был произведен только с одним затором, то он нуждается в проверке.

СПИРТ ИЗ ПЕЧЕЙ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ЗАВОДОВ

При хлебопечении изготовляют из муки и воды тесто. Находящийся в муке диастаз, растворившись в воде, осахаривает крахмал муки и образует сахар, который при задаче дрожжей начинает бродить. При этом выделяется углекислый газ, который вспучивает тесто; чем деятельнее шло выделение углекислоты, тем пористее будет выпеченный хлеб.

¹ См. журн. «Бродильная промышленность», 1931 г., № 2.

² См. журн. «Бродильная промышленность», 1931 г., № 4.

Но если в процессе хлебопечения происходит выделение углекислого газа, то несомненно при этом происходит также образование спирта, большая часть которого уходит в виде пара с выделяющимися из печи газами. Выпеченный хлеб всегда содержит немного спирта; в свежем хлебе имеется приблизительно 0,2—0,4% от всего спирта, выделившегося в процессе хлебопечения. Это небольшое количество спирта придает белому пшеничному хлебу известный вкус, аромат. Когда пробовали при хлебопечении пшеничного хлеба отбирать из печей газы, для получения из них спирта, то это нередко отзывалось неблагоприятно на хлебе, качество которого от этого ухудшалось. В виду этого Джоргов, изучавший этот вопрос¹, заявляет, что речь об утилизации спиртовых паров, выделяющихся при хлебопечении, может идти только при хлебопечении из ржаной муки, когда извлечение спиртовых паров даже полезно для качества хлеба.

При опытах, которые он производил, по предложению Ленинградского союза потребительских обществ в 1926 г., он применил 3 установки для извлечения спирта.

В 1-й установке из герметически закрытой печи газы по одной трубе направлялись в конденсатор и холодильник для паров.

Во 2-й установке была устроена для отбора паров специальная труба, входящая в печь, в виде вилки с разветвлением так, что над каждым караваем хлеба трубка имела отверстие для отхода паров.

3-я установка отличалась от второй тем, что между конденсатором для паров и самой печью был поставлен маленький электровентилятор, который производил в трубе небольшое разрежение благодаря чему усиливалось выделение спиртовых паров из хлеба. Для пшеничного хлеба это было нежелательно в смысле влияния на качество хлеба, для ржаного же оно благоприятно. При этом были получены следующие результаты (табл. 26).

Таблица 26

Выход спирта при хлебопечении

№ установки	Израсходовано муки в кг	Количество конденсата в л	Количество спирта в л	Процентное отношение полученного спирта к полученному конденсату	Процентное отношение полученного спирта к максимально возможному	Крепость спирта в объемах
1	2	3	4	5	6	7
1.	3 040	64,2	4,01	6,24	13,3	72
2.	3 040	73,0	5,9	7,05	19,6	72
3.	3 040	150,0	13,0	8,15	43,5	72

Из этих данных видно (гр. 4), что ввод в печь трубы в виде вилки увеличивает выход спирта в 1½ раза, а при установке вентилятора на

¹ См. «Бродильная промышленность», 1932 г., № 4.

газовой трубе увеличивается выход спирта втрое и, очевидно, установка по способу третьему является самой выгодной.

Конденсат получается с очень слабым содержанием спирта; при сравнении цифр гр. 3—4 видно, что из 150 л первоначального конденсата получено при нескольких перегонках 13 л 72⁰/₀-ного спирта, т. е. первоначальный конденсат имел крепость только 6⁰/₀.

Вместе со спиртовыми парами конденсируются и другие примеси, как-то: масляная кислота, уксусная кислота, сивушные масла и т. д., вследствие чего конденсат имеет отвратительный запах и вкус.

Так как конденсата получается на каждом хлебозаводе в сутки немного, то можно будет с нескольких заводов централизовать его в одном месте, где будет установлен перегонный аппарат для получения из конденсата спирта, а также и других продуктов.

Из гр. 4 таблицы видно, что количество спирта, получаемое от выпечки 3 т муки, доходит до 13 л. Если считать в среднем выход в 10 л при крепости 72⁰/₀, это составит 7,2 л абсолютного спирта, или 1 т муки даст при выпечке 2,4 л абсолютного спирта. Хлебозавод, выпекающий в сутки 100 т муки, дает в сутки 24 дм³ спирта, а в год 8 640 дм³ абсолютного спирта.

Оборудование для извлечения, конденсации и охлаждения спирта очень простое, недорогое и скоро окупится. В сущности это самый дешевый спирт. Здесь может быть получена без затраты на сырье, на топливо готовая бражка, содержащая 6⁰/₀ спирта.

Пора заняться утилизацией этого дешевого спирта

ПЕРЕРАБОТКА НА СПИРТ ИНУЛИНОСОДЕРЖАЩИХ СЫРЫХ МАТЕРИАЛОВ

Переработка цикория и земляной груши

Из главы о сырых материалах (см. стр. 64 и 65, ч. 1) видно, что посевы этих ценных культур будут с каждым годом расширяться и наши спиртовые заводы будут во многих случаях вести производство из этих материалов.

Вопрос о наиболее выгодных методах переработки цикория и топинамбура изучали Всесоюзный московский и Всеукраинский киевский научно-исследовательские институты спиртовой промышленности.

Метод переработки сырья зависит прежде всего от состава сырья. Необходимо поэтому выяснить, чем именно отличаются по химическому составу цикорий и топинамбур от крахмалистых материалов, методы переработки которых уже указаны были выше. Отличие это заключается в том, что цикорий и топинамбур вместо крахмала содержат инулин и частично фруктозу.

Инулин, так же как и крахмал в холодной воде нерастворим, но в горячей воде температуры 70—80° он растворим, в то время как крахмал в ней образует сиропообразный клейстер, при варке под высоким давлением без кислот крахмал претерпевает мало изменений и перехо-

дит только в растворимый крахмал; инулин же при варке в тех же условиях легко гидролизуетея и дает левулины и фруктозу или левулозу. Левулины — соединения, по своим свойствам промежуточные между инулином и левулозой, точно так как декстрины представляют соединения, средние по свойствам между крахмалом и мальтозой. Декстрины хотя и растворимы, но не сбраживаются никакими дрожжами на спирт; для получения из них спирта необходим диастаз солода, который разлагит декстрины, образуя из них сахар, способный к сбраживанию посредством дрожжей. Левулины же не нуждаются в диастазе и могут быть сбраживаемы непосредственно дрожжами спиртовых заводов, так как эти дрожжи имеют энзим, переводящий левулины в фруктозу.

Гидролиз сложной молекулы инулина, с образованием сбраживаемых дрожжами левулинов и левулозы, происходит не только при варке под высоким давлением, но и при кипячении со слабыми кислотами, а также при действии энзима инулазы, находящегося в земляной груше и цикории и проявляющего свою расщепляющую способность особенно сильно при температуре 55 — 56° Ц.

Цикорий и топинамбур содержат в среднем около 16—18% сбраживаемых углеводов (в пересчете на левулозу) из них около 20—30% в виде левулозы и около 70—80% — в виде инулина.

Ввиду вышеуказанного переработка цикория и топинамбура, или земляной груши, на спирт сводится прежде всего к гидролизу инулина и разложению его на сбраживаемые углеводы. Поэтому переработка цикория и топинамбура возможна тремя путями, какие и практикуются на спиртовых заводах: 1) по способу Рюдигера, 2) по способу диффузии и 3) по способу варки в запарниках под высоким давлением.

Способ Рюдигера

Переработка топинамбура по способу Рюдигера практикуется в Южной Германии. Для гидролиза инулина там стараются использовать осаживающую способность энзима инулазы, находящегося в топинамбуре. С этой целью последний растирают на терке в тонкую кашку, прибавляют такое количество воды, чтобы получить густой затор, который подогревают до 55—56° Ц. При этой температуре поддерживают для действия инулазы в течение 2 час., после этого расколаживают до температуры 22—25° Ц задают на 100 л затора около 0,5 л густых пивных дрожжей и оставляют бродить.

Брожение длится 5—7 суток.

Заторы имеют концентрацию 13—17° Бал, малую кислотность, в 0,05° Дельбрюка. Из 100 кг земляной груши получают 7—8 л спирта.

Способ диффузии

На спиртовых заводах Франции, где перерабатывают на спирт главным образом свеклу (причем получают из нее путем диффузии сок, который затем сбраживают посредством дрожжей), переработку топинамбура ведут таким же образом.

Его разрезают на тонкие стружки, которые подвергают обычным путем процессу диффузии на диффузионной батарее при 85° Ц. Полученный диффузионный сок, содержащий в растворе инулин, подкисляют серной кислотой до кислотности 1,0° Дельбрюка и кипятят для гидролиза инулина в течение 1 часа без давления или в течение 20 мин. под давлением в 1 атм. Полученный сок охлаждают и подвергают брожению; при этом отдельные дрожжи не ведут, а спустивши три четверти из окончившего брожение бродильного чана на перегонный аппарат, доливают к оставшейся в качестве дрожжей одной четверти чана сладкий расколотый сок нового затора. Подкисление сока серной кислотой до кислотности 1,0° Дельбрюка не дает размножиться посторонним микроорганизмам и обеспечивает относительно чистое брожение.

Для полного извлечения инулина из земляной груши путем диффузии приходится на 100 кг земляной груши получать 250 л диффузионного сока весьма низкой концентрации (в 8—9° Бал), что делает этот способ переработки мало выгодным, так как при такой низкой концентрации затора производительность завода очень мала.

Интересно, что в свеклосахарном производстве отбирают на 100 кг свеклы только 110 л сока, что уже достаточно для того, чтобы в жоме оставалась чрезвычайно маленькая потеря сахара в 0,2%. При таком малом количестве отбираемого сока получают из свеклы диффузионный сок, имеющий концентрацию около 16° Бал, вместо 8—9° Бал при диффузии земляной груши и цикория.

Объясняется это тем, что сахар весьма хорошо растворим, особенно в горячей воде; инулин же в холодной воде совсем не растворим, а в горячей воде растворим гораздо меньше, чем сахар.

Возможно, что если вести диффузию земляной груши в подкисленной воде, то растворимость инулина увеличится и можно будет при диффузии получать более концентрированный сок. Над этим вопросом следует поработать.

Способ варки в запарниках Генце под высоким давлением

На спиртовых заводах СССР нет диффузионных батарей, ведение же переработки цикория и топинамбура по способу Рюдигера не выгодно, так как брожение длится 5—7 суток; поэтому у нас перерабатывают эти материалы, как и картофель, в запарниках Генце. Опыты, которые производили Всеукраинский научно-исследовательский институт ферментативной промышленности с топинамбуром и Всесоюзный научно-исследовательский институт спиртовой промышленности с цикорием, показали следующее:

а) При варке под высоким давлением в запарниках Генце инулин так глубоко разлагается и так подготовлен для процесса сбраживания, что нет нужды в дальнейшем гидролизе его посредством кипячения со слабой кислотой. При опытном сбраживании получился одинаковый выход спирта как с той части, которая не подвергалась после запарников гидролизу кислотой, так и с той, которую кипятили 1 час с кислотой.

б) Левулоза, или фруктоза, имеющаяся всегда в этих сырых материалах и образующаяся при варке под высоким давлением, очень легко

карамелизуется при варке даже при давлении в 2—3 атм, а потому, чтобы избежать больших потерь сахара (4—9%), следует вести варку быстро и под малым давлением.

в) Сваренная в запарниках Генце масса цикория или земляной груши не нуждается в солоде для осахаривания; но солод желательно задать в затор в количестве 10% по весу сырого материала, в качестве азотистопитательного вещества для дрожжей, что значительно улучшает процесс брожения.

г) Для приготовления дрожжей следует к 8—10% отъемного сусла прибавить либо зеленый солод в количестве 8 кг на каждые 10 дкл сусла, либо дрожжевой автолизат, полученный из 0,09 кг прессованных дрожжей.

д) По исследованию автора, чтобы избежать крупной потери фруктозы при варке под высоким давлением, следует варку цикория и земляной груши в запарниках Генце вести с предварительным спуском в заторный чан плодовой воды до начала варки под давлением выше 1,5 атм.

После загрузки доплна запарника, закрывают лаз, пускают пар снизу и открывают верхний воздушный кран для полного выпуска воздуха. Закрыв воздушный кран, набирают за 15 мин. давление в 1 атм., поддерживают это давление 15 мин. и выдувают собравшуюся плодовую воду в заторный чан. Затем давление в запарнике доводят за 15 мин. до 1,5 атм., поддерживают это давление 10 мин. и снова спускают скопившуюся плодовую воду в заторный чан.

Чтобы разварить оставшуюся в запарнике твердую часть корня или клубня, поднимают за 15 мин. давление в запарнике до 3,5 атм., поддерживают его 30—35 мин. и приступают к выдуванию. В выдуваемой массе не должно быть несваренных кусков. Сваренная масса имеет светлорумяный цвет. Количество плодовой воды равно приблизительно 55—56% общего объема выдуваемой массы. При одном опыте варки топинамбура получены такие количества:

Концентрация первой порции плодовой воды	8,6°	Бал
» второй » » »	12°	»
» сваренной массы земляной груши	15,3°	»
» всего затора до задачи дрожжей	12,5°	»

е) Исследования Всесоюзного научно-исследовательского института спиртовой промышленности показали, что следует по возможности сокращать срок варки цикория в запарнике, потому что чем продолжительнее варка, тем больше метилового спирта содержит полученный из этого затора спирт. При продолжительности варки в течение 95 мин. спирт содержит 0,1% древесного спирта, при варке же в течение 60 мин. древесного спирта нет. Последний очень трудно отделяется при ректификации и очень вреден для здоровья.

ж) К а ч е с т в о з а т о р а. При разваривании в Генце и выдувании массы в затор, корень цикория и клубень топинамбура развариваются в однородную полужидкую массу, но их сосудистые пучки не измельчаются и вылетают в виде цельных длинных нитей. Наличие этих длинных нитей в заторе вызывает следующие неприятные явления:

1) затор становится малоподвижным, нити обволакивают трубы холодильного змеевика, вследствие чего расхолаживание идет медленно и долго;

2) брожение затягивается; масса в бродильном чану сильно вспучивается, и поэтому необходимо оставить при заливе чана большую неполноту—в $15-18\%$;

3) Нити вызывают засорение перегонного аппарата.

Кроме того бражка имеет склонность к пенистому брожению. Необходимо из-за этого оставлять большую неполноту в чану и вести медленно сгонку; скорость сгонки понижается против картофельно-хлебной бражки на 20% . Чтобы ослабить пенистое брожение следует повысить давление в запарнике и дольше вести варку.

Чтобы уничтожить вредное влияние нитей сосудистых пучков на все процессы производства, автор советует пропустить весь сырой материал до запарников через корнерезку, чтобы изрезать материал на мелкие куски; тогда мелкие ниточки будут в заторе во взвешенном состоянии и их вредное влияние ослабится.

Считаем очень полезным для этой цели вести смешанные заторы: один запарник картофеля или зерна и один запарник цикория или топинамбура. В таких случаях раньше быстро выдувают цикорий или топинамбур, охлаждают затор до 52°C , задают требуемое для хлебно-картофельного материала количество зеленого солода и ведут дальше выдувание как полагается для хлебного затора.

При процессе брожения топинамбуровая и цикорная бражки повышают температуру слабо. Это необходимо иметь в виду и поэтому следует производить температуру складки несколько выше ($24-25^{\circ}\text{C}$) и во время расхолаживания быть очень осторожным, чтобы не переохладить затор.

Исследования профессора Ситникова показали, что при добывании спирта из цикория по скорости сбраживания цикорных заторов следует отдать предпочтение дрожжам расы XII и Я.

Выход спирта. Если брожение фруктозы протекает идеально, по уравнению Гей-Люссака, то 100 кг фруктозы должны дать $64,4\text{ л}$ спирта. Если же считать фактический выход равным 87% теоретического, то 100 кг крахмала дают выход в 62 л спирта, а 100 кг фруктозы— 56 л спирта. Если цикорий или топинамбур содержат сбраживаемых углеводов, в пересчете на фруктозу, $16-17\%$, то 100 кг дадут выход $0,16 \times 56 = 9-9,5\text{ л}$ спирта, тогда как 18% -ный картофель дает при этих условиях 11 л , т. е. почти на 20% больше.

Но кроме выхода спирта необходимо еще считать и другие выгоды, которые дают цикорий и топинамбур. Последний дает урожай клубней с 1 га на $40-50\%$ больше, чем картофель и кроме того дает 180% зеленой ботвы весьма высокого кормового достоинства. Цикорий (см. стр. 64 и 65 ч. 1) также дает урожай корней на 30% больше картофеля; кроме того, вес зеленого листа, являющегося хорошим кормом, в $2-3$ раза больше веса корней.

Топинамбур интересен еще и тем, что выкопку клубка из земли можно производить не только осенью, но и весной.

Барда заторов из земляной группы является хорошим кормом, который скот охотно поедает. Барда цикорная горькая на вкус и, скот сначала ее неохотно ест, но потом к ней привыкает и поедает ее хорошо.

ГЛАВА XIII

Переработка сахаросодержащих сырых материалов на спирт

ПЕРЕРАБОТКА СВЕКЛЫ

Производство спирта из свеклы очень распространено во Франции, где из нее добывают и сахар и спирт. В СССР посевы свеклы удовлетворяют лишь потребности производства сахара; производство спирта из свеклы является у нас редким и случайным явлением и практикуется по иному способу, чем во Франции.

Химический состав свеклы

Свекла содержит тростниковый сахар, который непосредственно сбраживается дрожжами спиртовых заводов. Дрожжи сначала разлагают этот двойной сахар помощью энзима инвертазы на глюкозу и фруктозу, а затем помощью зимазы сбраживают эти сахара на спирт.

Теоретически, если брожение шло бы по уравнению Гей-Люссака, 100 кг тростникового сахара должны дать 67,77 л спирта. Вследствие неизбежных потерь производства, выход 60 л с 1 ц сахара считается хорошей работой.

По процентному содержанию сахара различают несколько сортов свеклы (табл. 27).

Таблица 27

Содержание сахара в различных сортах свеклы

С о р т с в е к л ы	Содержание сахара в %	100 кг свеклы могут дать абс. спирта в л
Сахарная	15—19	9
Полусахарная	9—10	6
Кормовая	7—9	5
Брюква	6—8	4

Процентное содержание сахара обычно определяют посредством полириметра; если последнего нет, можно определить процент сахара приблизительно по баллингу и коэффициенту доброкачественности.

Сидерский дает следующие коэффициенты доброкачественности свекловичного сока, причем величина их тем больше, чем выше концентрация сока (табл. 28):

Таблица 28

Коэффициенты доброкачественности свекловичного сока

Баллинг сока свеклы в °	Коэффициент доброкачественности в %		Баллинг сока свеклы в °	Коэффициент доброкачественности в %	
	Коэффициент	Содержание сахара в соке в %		Коэффициент	Содержание сахара в соке в %
10.	70	7,0	14.	84	11,8
11.	75	8,2	15.	85	12,7
12.	78	9,4	16.	85	13,6
13.	81	10,5	17.	86	14,6

Умножив коэффициент доброкачественности на баллинг и разделив на 100, получают процент сахара в соке. Этот способ не совсем точный, но быстро дает приблизительное содержание сахара в свекле. Последняя содержит около 20% сухих веществ и 80% воды. Кроме тростникового сахара свекла содержит еще следующие вещества:

Сырой протеин	1,1—1,5%
Жиры	0,1—0,3 >
Безазотистые экстрактивные вещества	2,0—4,0 >
Клетчатку	1,0—1,7 >
Золу	0,7—1,0 >

Всего . . . 4,9—8,5%.

Очистка и транспортировка свеклы

Само собой разумеется, что переработка свеклы должна начинаться с очистки ее от грязи и с транспортировки.

Очистка от грязи необходима, чтобы избежать быстрого износа всех аппаратов и оборудования, частой остановки завода для очистки от всевозможных засорений.

Транспортировка свеклы от погреба для свеклы до мойки производится на гидравлическом транспортере (описанном на стр. 123, ч. I), который может транспортировать как картофель, так и свеклу.

Транспортировка свеклы от гидравлического транспортера до мойки производится или помощью загребателя Захария или помощью шнека (см. стр. 125, ч. I).

Мойка для картофеля в основном также пригодна для мойки свеклы.

Хуже обстоит дело с транспортом мытой свеклы из мойки посредством элеватора. Черпаки, или карманы картофельного элеватора, несомненно малы для свеклы и их необходимо, при переходе на переработку свеклы, заменить более широкими, более емкими, размера 250 × 325 × 370 мм.

Методы переработки свеклы

Так как сахар вообще отлично растворим в воде, то весь тростниковый сахар свеклы содержится в ее соке. Для переработки свеклы на спирт следует извлечь сахар в виде раствора и затем сбродить его, посредством дрожжей. При этом применяют несколько способов:

а) Свеклу на терке растирают в мелкую кашку, разрушая при этом стенки клеток, внутри которых находится сок, и затем сок отпрессовывают помощью вальцевого пресса Дюжардена;

б) или свеклу на резальной машине разрезают на тонкую стружку и последнюю обрабатывают в батарее диффузоров горячей водой, извлекая весь сахар посредством диффузии в виде диффузионного сока, который затем подвергают брожению;

в) когда на заводе нет ни пресса Дюжардена, ни диффузионной батареи, тогда свеклу как и картофель, варят, в запарниках Генце, причем при выдувании вся свекла вылетает в виде однородной полужидкой массы, в которой весь сахар находится в растворе, а затем сахар сбраживают.

Способ Дюжардена

В сахарном производстве раньше получали свекловичный сок помощью гидравлических прессов.

Свеклу стирали на терках в мелкую кашку, заворачивали в салфетку и в гидравлическом прессе под давлением 200—300 атм. выжимали из кашки сок.

Способ этот требует много рабочих рук, расходов на салфетки, и неудобен тем, что работа идет периодически.

Дюжарден изобрел пресс, изображенный на рис. 136, который интересен тем, что на нем работа выжимания сока может идти непрерывно.

Главную часть пресса составляют два пустотелых вальца *N*, движущиеся навстречу друг другу и отжимающие кашку так, что сок отходит непрерывно внутрь вальцов, а жмых непрерывно отходит сверху, выше вальцов.

Чтобы работа действительно шла непрерывно и извлечение сахара из свеклы было бы достаточно совершенно, свекла должна быть очень тонко истерта, без кусков; затем ее следует разбавить водой настолько, чтобы она могла свободно передвигаться помощью поршневого насоса по трубам. Для разбавления кашки употребляют отчасти воду, подкисленную серной кислотой, и главным образом сок с малым содержанием сахара, отходящий из пресса для вторичного прессования выжимок, получаемых от первого пресса.

Шампонуа предложил для разбавления кашки употреблять барду (горячую, кислую). При этом понижается расход топлива и кислоты и кроме того возвращаются в производство азотистопитательные вещества, отходящие с бардой.

Работа на прессе происходит следующим образом.

Помощью сильного поршневого насоса разбавленная свекловичная кашка подается по трубе *B* в нижнюю часть пресса. Количество подаваемой кашки регулируется помощью клапана *D*. Кашка движется по каналам, указанным стрелками, и входит в кольцевое пространство, окружающее вальцы *N*, причем сок из кашки поступает через мелкие отверстия диаметром 0,4 мм, находящиеся на наружной поверхности вальцев, внутрь последних, затем продавливается снизу между вальцами, сильно прижатыми друг к другу; тут из кашки выжимается сок, поступающий внутрь вальцев, а выжимки выходят сверху. Пластина *P* отскребывает жмых от вальцев, и затем жмых выбрасывается в желоб *S*. Помощью винтов *R* и *R'* можно усилить или ослабить нажатие рычага *P* на вальцы.

На заводе обычно устанавливают два таких пресса. На первый пресс поступает непосредственно свекловичная кашка, из которой получают готовый сок плотностью 10—12° Бал и выжимки в количестве 20—25% по весу свеклы, содержащие 75—80% воды, и около 5—6% сахара. Выжимки разбавляются либо горячей бардой, либо горячей водой (на 1 ж-выжимок—2 л воды или барды) и затем их подают на второй пресс Дюжардена. Отходящий из этого пресса сок поступает, как уже указано выше, для разжижения свекловичной кашки, а выжимки уходят как превосходный корм для скота.

Количество этих выжимок равно 20—25% от веса свеклы; они содержат 20—25% сухого вещества и 2,5—3% сахара, так что вся потеря сахара равна 0,6—0,7% по весу свеклы.

Если установить третий пресс, чтобы эти выжимки разбавить водой и снова отпрессовать, то получаются очень жидкие заторы, для которых необходимо увеличить емкость бродильных чанов. Затем бражка с малым содержанием спирта потребует брагоперегонного аппарата большей величины, и расход пара и воды на перегонку сильно повысится. Поэтому установка третьего пресса не выгодна.

При 7—7,5 об/мин. пресс перерабатывает в сутки 40—50 т свеклы; при 8—8,5 об/мин. производительность пресса может достигнуть 75 т свеклы в сутки.

Оба пресса расходуют 4 л. с.

Сок с прессов образивается так же как и свекловичный диффузионный сок, о чем будет сказано ниже.

Сок с вальцев содержит тоненькие волокна свеклы, которые нередко загрязняют отверстия сит спиртовой колонны, поэтому необходимо сгонку бражки на аппарате вести осторожно и спиртовую колонну снабжать регардами для очистки.

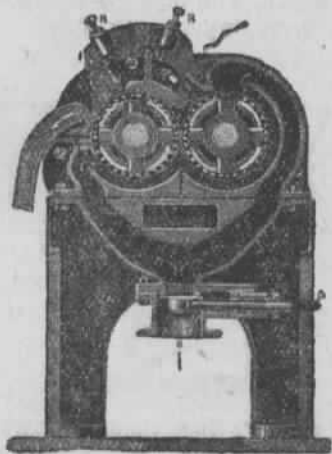


Рис. 136. Пресс Дюжардена для непрерывного выжимания сока из свекловичной кашки.

Способ диффузии

Сущность процесса диффузии

На сахарных заводах давно уже с успехом применяют для извлечения всего сахара из свеклы способ диффузии, сущность которой заключается в следующем.

Если в стакан налить густой раствор сахара, который можно чем-нибудь подкрасить, а сверху осторожно прилить чистой воды, то можно видеть, что через некоторое время сахарный раствор поднимается вверх, а вода опускается вниз, и через некоторое время обе жидкости совсем смешиваются, так что по всей жидкости будет сахарный раствор одной концентрации. Это явление смешения двух жидкостей называется **п р о с т о й д и ф ф у з и е й**.

Если между этими двумя жидкостями находится полупроницаемая перепонка, т. е. пропускающая воду, но не пропускающая сахар, то вода пройдет в сахарный раствор, который понизит свою концентрацию, расширится в объеме и будет производить давление на перепонку.

Рис. 137. Диффузионная батарея для извлечения сока из свекловичной резки.

Такое явление наблюдают в живой растительной клетке, например в свекловичной клетке, которая при погружении в воду поглощает воду, но сахара из клетки не выпускает. Это явление называется **о с м о с о м**. Осмотическое давление внутри растительной клетки доходит иногда до 5—10 атм. и выше.

Но если убить протоплазму живой клетки высокой температурой в 70—75° Ц, то стенка клеточки из полупроницаемой делается вполне проницаемой и пропускает как воду, так и сахар, и тогда наступает между водой и сахарным соком свеклы явление обыкновенной диффузии, причем свекла теряет свой сахар, а вода насыщается сахаром и получается диффузионный сок, содержащий процент сахара, почти равный содержанию его в природном соке свеклы.

Устройство диффузионных батарей на спиртовых заводах

На сахарных заводах устанавливают обыкновенно диффузионную батарею из 10—12 железных диффузоров; на спиртовых же заводах устанавливают батарею из 4—5 деревянных или железных чанов (рис. 137). Свекла на специальных машинах, после тщательной мойки, разрезается на тонкую стружку толщиной 0,6—0,8 мм и засыпается в диффузор, в котором лежит сито на дне, а другое помещается сверху над свекловичной резкой так, чтобы при отборе сока резка не могла попасть в сок. Каждый из диффузоров соединен со следующим посредством трубы *а*, которая отводит

сок из нижней части 1-го диффузора во второй выше верхнего сита последнего; такая же трубка отводит сок из последнего диффузора (на рисунке из 4-го) на верхнюю часть 1-го диффузора. Вдоль всей батареи проходят трубы, имеющие ответвления у каждого диффузора и подводящие к ним горячую воду и горячую барду.

Для отвода готового диффузионного сока в общий сборник 5 имеется труба *d*, выходящая из дна чана (на рисунке она показана только у чана 4).

Работа на батарее ведется следующим образом.

Предположим, что диффузор 1 содержит свекловичную резку истощенную, которую уже три раза экстрагировали, и над резкой стоит весьма слабый по содержанию сахара сок; в диффузоре 2 находится свекловичная резка, которую 2 раза экстрагировали и т. д.; в диффузор 4 нагрузили свежую свекловичную резку. В диффузор 1 накачивают горячую барду; при этом находящийся в нем сок выдавливается по трубе *a* в верхнюю часть диффузора 2, из него сок выдавливается по трубе *a* в диффузор 3, а из последнего в диффузор 4 на свежую резку.

Затем дают батарее постоять в покое полчаса, чтобы произошла экстракция; при этом сок в диффузоре 4, который уже производил экстракцию в трех диффузорах, очень обогащается сахаром на свежей резке и затем идет в сборник, откуда уже поступит, после расхоложивания до надлежащей температуры, в бродильный чан для брожения.

Затем накачивают в диффузор 1 горячую воду, которая вытесняет сок из него в диффузор 2, из этого в 3 и т. д.; спускают все содержимое диффузора в подставленную тележку и загружают в него свежую свекловичную резку.

В диффузор 2 накачивают горячую барду и открывают кран для перехода сока из диффузора 4 в диффузор 1 по трубе *a*.

Для успешности процесса диффузии очень важно соблюдать наиболее благоприятную для диффузии температуру. В холодной воде диффузия идет очень плохо. В очень горячей воде с температурой выше 85—90° Ц стенки клеточек свеклы так сильно разбухают, что диффузия сахара идет с большим трудом. Затем резка при такой высокой температуре становится слизистой и так сильно слеживается, что с трудом выпадает из диффузора; потом жом из нее плохо прессуется в шнековом прессе, назначение которого заключается в том, чтобы отжать из нее избыток воды.

Сахарные заводы ведут поэтому процесс диффузии при температуре 70—80° Ц, и только при подгнившей свекле переходят на более низкую температуру 60—65° Ц.

Слишком низкая температура (60° Ц и ниже) не желательна, так как возможно, при недостаточной кислотности сока, заражение его вредными для брожения микроорганизмами. Такое понижение температуры легко получается при ведении работы в железных диффузорах в холодном помещении и потому для регулирования температуры при процессе диффузии устанавливают между диффузорами железные трубчатые калоризаторы (обогреваемые паром), посредством которых возможно поднять температуру до нужной степени.

На сахарных заводах при ведении работы на 10 диффузорах отбирают на 100 кг свеклы 105 кг сока, который по концентрации близок к естествен-

ному соку свеклы. На спиртовых же заводах, в виду большой стоимости оборудования 10—12 железных диффузоров с калоризаторами устанавливают только 4—5 диффузоров и потому на 100 кг свеклы получают 160—180 кг сока.

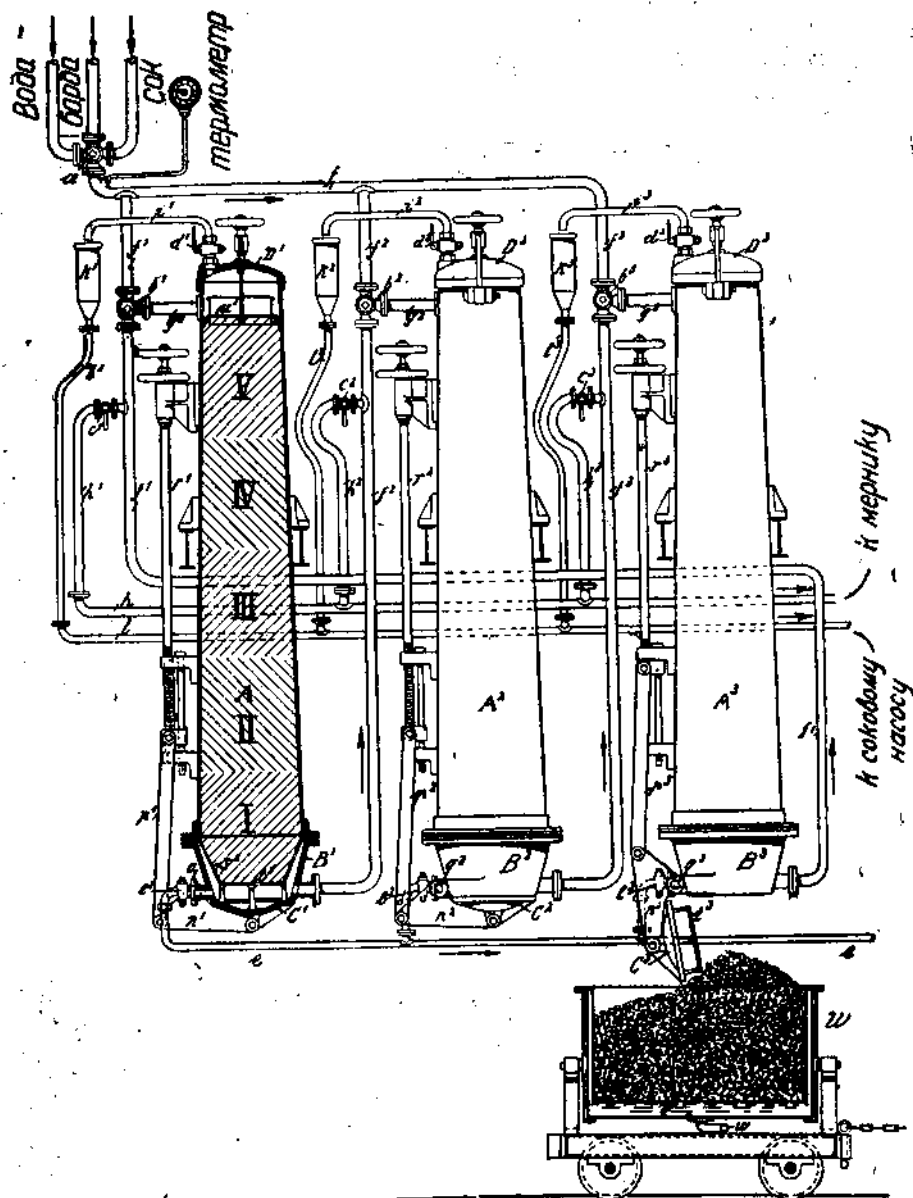


Рис. 138. Диффузионная батарея системы Гильома, Эгро и Гранже.

Диффузионные батареи Покорного и Гильома, Эгро и Гранже

Для усовершенствования работы диффузии в 4 диффузорах Покорный стал устанавливать на спиртовых заводах 4 железных диффузора. Каждый из этих диффузоров имел внутри (по центральной оси) вертикальную перегородку сверху донизу, делившую диффузор на две равные половины, причем каждая половина диффузора действовала совершенно самостоятельно. Таким путем Покорный получил 4 диффузора, действующие как восемь.

Французские инженеры Гильом, Эгро и Гранже предложили диффузоры своей системы (рис. 138), нашедшие применение на некоторых спиртовых заводах. Они устанавливают только 3 железных диффузора: A^1 , A^2 и A^3 , но, как показано на рисунке, в диффузоре A^1 , различной штриховкой I, II, III, IV и V, каждый из трех диффузоров загружается частями и заполняется полностью в пять приемов.

Диффузоры эти отличаются своей наружной формой. В то время как в диффузорах, обычно применяемых на сахарных заводах, отношение диаметра к высоте равно 1:1,2 или 1:1,6—диффузоры Гильома имеют малый диаметр и большую высоту, так что отношение диаметра к высоте равно 1:6.

Если диффузор вмещает примерно 500 кг свекловичной резки, то нагружают каждый раз в него по 100 кг и на каждые 100 кг впускают в него по 100 л сока из диффузора, до него загруженного, так что процесс диффузии совершается уже во время самой загрузки.

Работа на батарее Гильома, Эгро и Гранже ведется следующим образом.

Пусть диффузор A^3 следует опорожнить и заполнить. Сначала через кран и трубку I выкачивают находящийся в диффузоре A^3 разбавленный сок в вышестоящий напорный чан для разбавленного сока. Затем открывают крышку C^3 на диффузоре A^3 и выпускают находящуюся в нем резку в тележку w , которая отвозит ее к шнековому прессу для жома. Опрокидывающаяся тележка w имеет кроме нижнего дна выше еще ситчатое днище, под которым собирается стекающий с резки слабый сок, через кран w также выкачивающийся в верхний напорный бак для слабого сока.

После очистки диффузора A^3 закрывают плотно нижнюю крышку его и приступают к заполнению диффузора. Вместе с засыпкой диффузора идет параллельно заполнение его соком из диффузора A^1 , который до него заполняли.

Производится оно следующим образом. Из верхнего напорного чана пускают сок по пути a, f, f', b' и g' в диффузор A^1 а из него определенное количество сока по пути f^2, b^2 и g^2 проходит в диффузор A^2 , затем по пути f^3, b^3 , и g^3 сок из A^2 идет в диффузор A^3 . Когда диффузор A^3 будет совершенно заполнен и крышка D^3 будет закрыта, начинается отбор из него диффузионного сока. Для этого из верхнего напорного бака пускают горячую барду в диффузор A^1 , из которого барда вытесняет сок в диффузор A^2 , из A^2 по трубам f^2, b^2 и g^2 сок переходит в A^1 , причем находящийся в последнем диффузионный сок по трубам f', b', h' течет в мерник для сока. После отбора 500 л диффузионного сока впускают через напорный чан

200—300 л горячей воды, так что всего отбирают 700—800 л сока. Затем остаривают батарею на полчаса в покое и приступают к опорожнению диффузора А¹ таким же способом, как опорожняли А².

Подкисление свекловичного сока серной кислотой

Как показал опыт, свекловичный сок быстрее заражается посторонними микроорганизмами из воздуха, чем картофельные и хлебные заторы.

Также быстро заражаются на воздухе свекловичная резка и кашка. Для избежания этого на практике уже давно поливают свекловичную кашку на терке, а свекловичную резку сейчас же по выходе из резальной машины разбавленным раствором серной кислоты или бардой. Это верное средство. Если серная кислота взята в достаточном количестве, она отлично подавляет посторонние микроорганизмы и не вредит дрожжам. Спиртовые заводы обычно работают с серной кислотой при кислотности около 1,0° Дельбрюка, причем мерилом для суждения о том, достаточно или недостаточно заданное количество серной кислоты, служит нарастание кислотности за время брожения.

Если во время брожения, которое длится 20—24 часа, кислотность сока нарастает более чем на 0,1° Дельбрюка, то это доказывает, что серной кислоты задано недостаточное количество и последнее следует увеличить. Если нарастание кислотности менее 0,1° Дельбрюка и брожение проходит энергично и своевременно, то количество серной кислоты вполне достаточно. Если же при малом нарастании кислотности брожение затихивается и проходит вяло, то это доказывает, что или задано много серной кислоты и количество ее необходимо понизить, или что барда, взятая для разбавления сока, содержит вредные для брожения органические кислоты: масляную, уксусную, муравьиную, — и следует временно прекратить брать барду. Очень хорошо помощью колориметра Вульфа определить концентрацию водородных ионов, которая укажет, следует ли повышать количество серной кислоты.

Сидерский считает, что количество свободной серной кислоты, обнаруживаемой бумагой конгорот, должно быть не больше 0,6—0,7° Дельбрюка для достижения потребного антисептического действия серной кислоты.

Количество серной кислоты Сидерский определяет двумя способами:

- а) Наливает сок в белую фарфоровую чашку, титрует нормальным едким натром до тех пор, пока сок в чашке начнет темнеть, мутнеть;

- б) титрует сок нормальным едким натром, пользуясь светлокрасной бумагой конгорот, на которой сначала сок дает темносинее пятно; затем, по мере нейтрализации серной кислоты щелочью, синее пятно бледнеет и совсем исчезает; это последнее и есть конец реакции.

Оба показания должны совпасть и показывают количество свободной серной кислоты по Сидерскому. Дальнейшее титрование нормальным едким натром по лакмусовой бумаге покажет общую кислотность.

Органические кислоты свеклы, а еще больше серная кислота разъедают понемногу металл обрудования; присутствие же металлических солей препятствует брожению, которое проходит недостаточно энергично.

Сорель советует производить диффузию без кислоты, при более высокой температуре; после выхода сока из диффузоров сок слегка подогревают, подкисляют, причем белки выпадают в осадок и увлекают за собой вредные соли тяжелых металлов.

Сок охлаждается, падая сверху вниз тонким слоем по поверхностному холодильнику, насыщается при этом кислородом воздуха и затем поступает в бродильный чан.

Применение горячей барды

Раньше поливали кашку на терке и свекловичную резку исключительно водой. Французский инженер Шампонуа заменил воду отходящей из перегонного аппарата горячей бардой. Преимущество барды в том, что ее не нужно нагревать, т. е. не надо тратить пара. Кроме того возвращается в производство сахар, оставшийся в барде несброженным, и вместе с ней вводят в затор растворимые азотистопитательные вещества, извлеченные из дрожжей при кипячении бражки на тарелках брагоперегонного аппарата.

При постоянном употреблении барды при диффузии и прессовании, в соке накапливается такое большое количество продуктов обмена дрожжей и солей тяжелых металлов, что брожение сока идет плохо и чан сильно недображивает. Тогда следует на время брать вместо барды—воду.

Брожение свекловичных соков

Свекловичный сок, получаемый как путем диффузии, так и путем прессования, имеет невысокую концентрацию в 9—12° Бал. Сок, в особенности приготовленный с бардой, весьма питателен для дрожжей и потому дрожжи хорошо размножаются в нем и быстро его сбраживают. При задаче в сок серной кислоты, посторонние микроорганизмы в нем не размножаются. По этим причинам для ведения брожения в свекловичных соках не готовят отдельных дрожжей в особом дрожжевом отделении, а из бродильного чана во время главного брожения берут часть для возбуждения брожения в новом бродильном чану со свежим затором.

Лишь в первый день производства берут для возбуждения брожения прессованные дрожжи (на 1000 л бродильного чана 5 кг прессованных дрожжей), либо готовят в аппарате Линднера или Ганзена дрожжи чистой культуры.

Прессованные дрожжи, растертые в воде, а если нужно предварительно промытые в воде с серной кислотой, смешивают с небольшим количеством подкисленного диффузионного сока, и, когда они хорошо забродят, задают в бродильный чан, в который заранее наливают на $\frac{1}{4}$ его емкости свежий диффузионный сок с температурой 28° Ц, хорошо размешивают, и если имеется воздушный компрессор, продувают в течение 15—20 мин. воздух. Жидкости в чане дают бродить до тех пор, пока она отбродит в соках, приготовленных на воде без барды, до 1,0—2,0° Бал, а в соках, приготовленных с бардой, до 2,5—3,5° Бал.

Раньше доливали бродильный чан в три приема—тремя подмолодками свежего сока. В настоящее время вместо подмолодок доливают

устройство
чан по непрерывно-приточному способу, какой применяют в паточном производстве, при котором сок течет в чан непрерывно небольшой струей так, что баллинг жидкости в чану стоит все время на одном уровне—1,0—2,0° или 2,5—3,5° Бал (в соках с бардой). При таком медленном непрерывном притоке сока в бражке имеется только 3% спирта, которые играют роль антисептика, задерживая развитие посторонних микроорганизмов, но не задерживая размножения дрожжей; между тем 5% спирта задерживает размножение дрожжей.

Затем приступают к заливу следующего чана. Для этой цели вдоль всех бродильных чанов проходит общая труба, соединяющая краны, вделанные в бродильные чаны на расстоянии $\frac{1}{2}$ от верхнего дна; помощью этого крана сливают из первого бродящего чана 30% бродящей жидкости во второй чан и заполняют последний по непрерывно-приточному способу, как и первый чан. Таким же образом заполняют и приводят в брожение все остальные бродильные чаны.

Этот способ дает возможность вести в бродильных чанах непрерывное брожение, не приготавливая совершенно отдельных дрожжей.

Если дрожжи сначала размножить в аппаратах для чистой культуры Линднера и Гавзена и все бродильные чаны сделать герметически закрытыми, то можно будет вести непрерывное брожение чистой культуры.

Залитый доплна бродильный чан дображивает еще $1\frac{1}{2}$ —2 часа и затем поступает на перегонку.

Сок бродит очень спокойно с небольшим подъемом в 2—3 см. Обычно делают температуру складки 24—26° Ц, причем бражка нагревается до 28° Ц; если она пенится, то достаточно побрызгать небольшим количеством масла—и пена исчезает.

Так как в соке имеется только тростниковый и образовавшийся из него, под гидролизующим действием кислоты, инвертный сахар, а декстринов совершенно нет, то и нет долгого дображивания и все брожение заканчивается, считая от момента начала заполнения чана, за 20—24 часа.

Что касается рафинозы, которая не ображивается верховыми дрожжами спиртовых заводов, то она встречается в свекловичных соках очень редко или в таких небольших количествах, что ее можно не принимать в расчет; кроме того употребляемые в данном производстве дрожжи расы Я ображивают и рафинозу. Когда чан совершенно сбродит, его следует немедленно пускать на перегонный аппарат, не давая ему стоять и перекипать.

Работа в бродильном отделении должна идти четко, непрерывно, в течение всех суток, и всякие перестой вредны.

Опыт показал, что каждые 6—7 суток необходимо либо заводить новую дрожжевую матку, либо прибавить новых дрожжей, иначе они вяло бродят.

Побочные брожения свекловичных соков

В свекловичных соках встречаются побочные брожения: маслянокислое, молочнокислое, уксуснокислое, манитовое и сливистое, при послед-

днем сок образует слизистую, малоподвижную массу и производство терпит большие убытки.

Для борьбы с этими вредителями производства и советуют тщательно мыть и дезинфицировать диффузоры, мерники, трубопроводы, бродильные чаны серной кислотой, белильной известью. Затем очень важно держать в диффузорах достаточно высокую температуру, которая не дает этим микроорганизмам развиваться с самого начала.

По данным Б р и м а, сивушные масла свекловичного спирта состоят не из амилового спирта, как в хлебно-картофельном спирте, а главным образом из спирта пропилового и бутилового.

Запаривание свеклы в запарниках Генце

На спиртовых заводах СССР, как уже указано выше, весьма редко перерабатывают свеклу, а потому на наших заводах нет специального оборудования для измельчения свеклы и извлечения из нее сока, и свеклу разваривают в запарниках Генце.

Так как сахар быстро карамелизуется при продолжительной варке под высоким давлением что дает заметную его потерю, то следует как можно меньше варить свеклу под высоким давлением.

Существует 2 способа варки свеклы в запарниках Генце, которые заключаются в следующем.

Способ 1-й — без предварительного спуска сока из свеклы. Свеклу загружают в запарник, заполняя последний только до $\frac{3}{4}$ его емкости, во избежание выбрасывания во время варки на циркуляцию через верхний вентиль сахарного раствора из запарника. Разумеется, чтобы не было потери сахара, нижний конденсационный кран в запарнике Генце должен быть закрыт все время варки, и последнюю следует вести только нижним паром. Пустив снизу пар, ведут $\frac{1}{2}$ часа варку без давления, с циркуляцией пара через воздушный вентиль; закрыв последний, поднимают медленно в течение 1 часа давление до 2 атм., поддерживают это давление еще $\frac{1}{2}$ часа и приступают к выдуванию. Если необходимо, можно продлить срок варки, но во всяком случае варку под высоким давлением следует по возможности сократить. Профильтрованный сок не должен иметь темной окраски.

Выбавает, что по окончании выдувания остается в запарниках несколько штук свеклы одеревенелой, несварившейся.

Эти последние поступают в корм, и из-за них переваривать всю массу свеклы не имеет смысла.

Способ 2-й — с предварительным спуском, до окончания варки сока из свеклы. При варке по первому способу получаются клейкие, мало подвижные заторы, поэтому в последнее время ведут варку иначе. Наполнив запарник до $\frac{3}{4}$ его емкости, закрывают все отверстия, пускают снизу пар, выпускают через воздушный кран весь воздух из запарника, медленно поднимают давление в запарнике до 1 атм. Поддержав это давление 10 мин., выдувают собравшийся в запарнике свекловичный сок в заторный чан. Затем снова впускают пар снизу в запарник, поднимают медленно давление до 2 атм. и, поддержав это давление 10 мин., опять выдувают собравшийся свекловичный сок в заторный чан.

После удаления из запарников всего сахара, набирают быстро в них давление до 4 атм. и варят от $\frac{3}{4}$ — $1\frac{1}{4}$ часов для разварки самого корня свеклы. Затор должен быть светлобронзового цвета.

При варке по второму способу получаются более жидкие, подвижные заторы, чем по способу первому.

Задача в затор зеленого солода

Хотя свекла не содержит крахмала, однако опыт показал, что весьма полезно задавать в затор и дрожжи зеленый солод по следующим соображениям.

Заторы из сахарной свеклы обладают большой вязкостью и сильно вакууются и пучатся во время брожения. В начале брожения появляется на поверхности жидкости в чану покрывка, которая поднимается все выше, и общий подъем бражки достигает $\frac{1}{5}$ высоты чана. Заторы из кормовой свеклы и брюквы меньше пучатся, чем заторы из сахарной свеклы.

Для понижения вспучивания, советуют задавать солод в количестве 1% по весу свеклы. Зеленый солод дает возможность увеличить производительность завода. Так на 1 000 л емкости бродительного чана спиртовой завод обычно перерабатывает 800 кг картофеля и только 400 кг сахарной свеклы, а с прибавкой в затор зеленого солода он может перерабатывать 600 кг сахарной свеклы.

Зеленый солод задают в затор обычным порядком. Свеклу выдувают из запарника и когда масса покрыла нижние змеевики и шарик термометра, понижают температуру до 50—55 ° Ц и задают солод в виде тонкого солодового молока. Температуру поддерживают все время 50—55° Ц, только под самый конец повышают ее до 61° Ц. Чтобы понизить вспучивание, следует размешать покрывку, а чтобы предупредить переливание бражки через край, следует побрызгать салом, маслом или лучше фузией—осадком подсолнечного или другого растительного масла.

Самым лучшим средством следует считать переработку смешанных заторов: один запарник свеклы и один запарник либо картофеля, либо кукурузы или другого зерна.

Автор считает также весьма полезным поставить на заводе корнерезку и разрезать свеклу на мелкие части до поступления ее в запарники; тогда в заторе не будет длинных сосудистых пучков, содействующих вспучиванию, подъем бражки будет значительно ниже и расхоложивание затора будет успешнее.

Ведение дрожжей и брожения в свекловичных заторах

Если производят смешанные заторы, то лучше брать для приготовления дрожжевых заторов либо картофельное, либо хлебное сусло, но не свекловичное.

Если же ведут производство из одной свеклы, то прибавляют к каждому 100 л отъемного свекловичного сусла 5 кг зеленого солода или 500 г дрожжевого экстракта.

Как показал опыт, молочнокислые бактерии Дельбрюка плохо размножаются в свекловичном сусле, сваренном в запарнике Генце под высоким давлением.

Для достижения лучшего молочнокислого закисания набирают половину сусла для дрожжей из запарника, когда давление в нем достигло только 0,5 атм; другую половину берут, фильтруя часть затора по окончании выдувания, прибавляют солод в вышеуказанном количестве, задают матку молочнокислых бактерий вдвое больше, чем для хлебно-картофельного сусла, и поддерживают невысокую температуру для закисания—50—55° Ц.

Если для азотистого питания дрожжей дают вместо зеленого солода дрожжевой экстракт, полученный из пивных дрожжей, то нужно иметь в виду, что хмельные кислоты последних вредно действуют на молочнокислую бактерию Дельбрюка и поэтому экстракт следует задать уже после того, как достигнута будет определенная кислотность сусла.

Если кислотность не достигнута к сроку, можно добавить серной кислоты. Кислотность сернокислых свекловичных дрожжей должна быть на две—три десятых градуса Дельбрюка меньше, чем у картофельных.

Выход спирта из свеклы и производительность завода

Если считать производительность завода по емкости бродильных чанов, то следует признать, что при свекловичном производстве производительность завода ниже, чем при картофельном.

При ведении производства по способу Дюжардена и по способу диффузии редко удается получить сок, содержащий сахара 10% и больше; в среднем содержание сахара в соках равно 8%, из которых можно получить бражку с 4% максимум с 5% объем. спирта; хлебно-картофельные заторы дают бражку, содержащую 7—9% объем. спирта, что сильно повышает производительность завода.

При переработке свеклы в запарниках Генце получаются вязкие, малоподвижные заторы, которые для получения ображивания приходится рассиропить водой. Кроме того заторы эти очень пучатся при брожении, и поэтому выход спирта с единицы емкости чана еще меньше, чем при производстве по способу диффузии.

Что касается выхода спирта с 1 ч сахара, то на практике получают только 47,5 л спирта, т. е., только 70% теоретического выхода, тогда как при картофельном производстве получают выход спирта, равный 86—87% теоретического выхода.

Состав отходов производства

Состав отходов при производстве спирта из свеклы приведен в табл. 29—31.

Эти отходы, точно также как и барда, получаемая при варке свеклы в запарниках Генце, по своему составу представляют хороший корм для скота и употребляются для этой цели.

Выщелоченная свекловичная резка—жом с диффузии обычно поступает на шнековый пресс Бергрена для отжатия избытка воды, затем в жомовые ямы, где с целью консервирования, она подвергается молочно-

Таблица 29

Химический состав истощенной
резки при работе с бардой по способу
Шампонуа (в %)

	Свежая вы- щелоченная резка	Сухое ве- щество
Вода	89,2	—
Сухое вещество	10,8	100,0
Протениновые веще- ства	1,3	12,3
Сахара	0,7	6,1
Жиры	0,1	1,2
Целлюлоза	2,1	19,6
Прочие безазотистые вещества	4,5	41,2
Зола	1,9	17,2
Прочие составные части	0,2	2,4

Таблица 30

Химический состав выжимок отходов
из пресса Дюжардена в %
(по Бриму)

	Свежие выжимки	Сухое вещество
Вода	84,7	—
Сухое вещество	15,3	100,0
Клетчатка	3,6	23,7
Зола	0,8	5,3
Жиры	0,2	1,4
Сырой протеин	1,7	11,2
Безазотистые экстра- ктивные вещества	9,0	58,4

Таблица 31

Химический состав выщелоченной свекловичной резки при производстве диффузии
водой и бардой в %
(по Зигелю)

	При диффузии водой	При диффузии бардой
Вода	93,1	92,6
Зола	0,5	0,8
Клетчатка	1,5	1,4
Сахара	1,7	1,3
Углеводы	2,9	3,0
Протениновые вещества	0,2	0,8

кислоте, закисанию, и в таком виде поступает на корм скоту, хотя последний потребляет и свежий жом.

Что касается той барды, которая получается после перегонки сбро-
дившего диффузионного сока, то она так бедна кормовыми веществами,
что в качестве корма не годится и поступает на удобрение полей.

Переработка фруктов на спирт

Фрукты и ягоды редко перерабатывают в СССР на спирт; но в годы
высокого урожая в Туркестане и других южных районах на спирт пере-
рабатывают сушеные фрукты и ягоды.

Сахар последних состоит на 90% из инвертного сахара и около 10% —
из тростникового сахара; только сахар слив мирабеллы и персиков со-
стоит на 50% из тростникового сахара.

По Рюдигеру содержание сбраживаемого сахара колеблется в фруктах в следующих пределах (табл. 32).

Таблица 32

Содержание сахара в фруктах по Рюдигеру (в %)

Род фруктов	Содержание сахара		Род фруктов	Содержание сахара	
	пределы	в среднем		пределы	в среднем
Вишни	6—16	10—11	Черника	4—7	5—6
Чернослив	6—15	9—11	Малина	4—9	6
Яблоки } спелые	6—14	8—10	Смородина	5—8	7
Груши }			Крыжовник	5—8	—
Яблоки } падалица	2—5	—	Рябина		
Груши }					

Фрукты и ягоды измельчают помощью мельницы системы «Грейф» (рис. 139). Элеватор с черпаками подает непрерывно фрукты в воронку, внизу которой вращается валик с ножами, рассекающий фрукты; последние подаются на рифленые вальцы (рис. 139а), которые раздавливают массу.

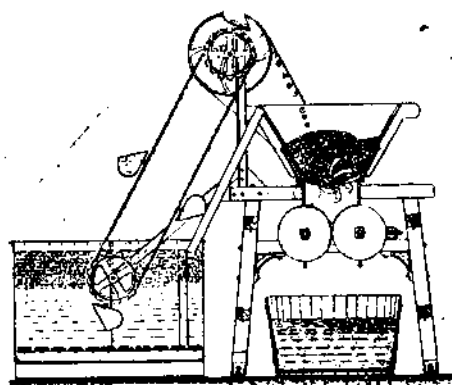


Рис. 139. Мельница сист. «Грейф» для измельчения фруктов и ягод.

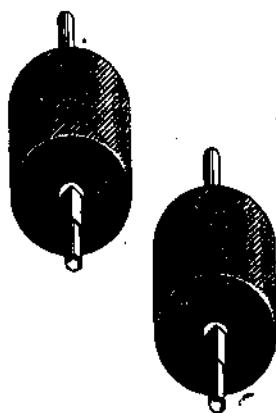


Рис. 139а. Рифленые передвижные вальцы мельницы системы «Грейф».

Чтобы можно было регулировать степень измельчения, вальцы сделаны передвижными (их возможно сближать и отдалять друг от друга). На мелких заводах раздавленные ягоды и фрукты поступают прямо в бродильные чаны, причем стараются их хорошо, плотно набить, чтобы удалить пузырьки воздуха, который может способствовать развитию уксуснокислого закисания.

Чистое брожение без предварительной стерилизации затора обуславливается тем, что натуральные фрукты и ягоды имеют довольно высокую кислотность, которая играет роль антисептика.

По данным Барта, фруктовые соки имеют следующую кислотность, выраженную в градусах Дельбрюка (табл. 33):

Кислотность фруктового сока (в ° Дельбрюка)

Таблица 33

З а т о р ы	Содержание кислоты в соке		
	максимум	минимум	среднее
Вишневый	4,8	0,8	2,2
Яблочный	3,7	0,8	1,6
Грушевый	1,6	0,3	0,8
Черносливовый	4,3	1,9	2,4
Сморodinный	9,6	3,2	5,9
Крыжовниковый	5,3	2,2	3,7
Черничныи	3,2	2,4	2,7
Рябиновый	8,5	5,5	7

Однако высокая кислотность, будучи антисептиком, задерживает вместе с тем само брожение; брожение идет чище, но медленнее.

Брожение обычно ведут в чанах со шпунтом, т. е. углекислота выходит по трубке, конец которой погружен в воду так, что образуется гидравлический затвор, который позволяет углекислому газу выйти, но не дает возможности войти в чан воздуху с посторонними микроорганизмами.

Хотя на поверхности фруктов и ягод имеются всегда дикие дрожжи и брожение может идти и без задачи дрожжей но лучше задать культурные дрожжи. Обыкновенно для этого пользуются дрожжами чистой культуры, которые применяются для приготовления виноградного вина. Стерилизуют кипячением и охлаждают 10—12 для сока, в которые задают дрожжи чистой культуры и, когда дрожжи размножатся, приливают их по частям, смешивая с густой кашей затора так, чтобы они были более или менее равномерно распределены по всей массе затора.

Рюдигер приводит следующие данные о концентрации фруктовых заторов (табл. 34):

Концентрация фруктовых заторов

Таблица 34

З а т о р ы	Показание баланига в °	Содержание сахара в 100 л затора в кг
Вишневый	12—20	8—15
Яблочный и грушевый	9—15	8—13
Чернославовый	10—21	8—18
Черничныи	10—12	7—8
Рябиновый (с добавлением небольшого количества воды)	12—16	—

Переработка сушеных фруктов производится следующим образом. Фрукты сначала замачивают в воде так, чтобы их затем можно было легко измельчить на мельнице. Затем их варят в запарниках Генце под давлением в $1\frac{1}{2}$ атм., после варки в течение 20 мин. под этим давлением массу быстро выдувают в заторно-холодильный чан (тип, обычно применяемый на хлебно-картофельных заводах), охлаждают до 25°C и задают дрожжи. Для успешного размоложения и брожения последних необходимо чтобы масса была подвижна.

С этой целью затор разбавляют водой так, чтобы он имел концентрацию не выше 20° Бал. В конце выдувной трубы полезно поместить коробку Гампеля (см. рис. 68, ч. 1) для того, чтобы измельчить семечки и косточки, которые могут засорять брагоперегонный аппарат.

Прибавлять в фруктовый или ягодный затор какие-либо азотистопитательные или минеральные вещества нет надобности, так как фрукты и ягоды сами достаточно богаты питат. веществами для дрожжей.

Во избежание испарения спирта и образования уксусной кислоты брожение ведут в герметически закрытых чанах. По Фюдигеру величина отбродов следующая:

В бражке из яблок и груш	1—2° Бал
» » вишен	3—5° »
» » чернослива	3—6° »
» » рябины	6—12° »

причем возможно ожидать следующий выход спирта:

Из 100 кг сушеных яблок	24 л безводного спирта
» 100 » » груш	18—20 » » »
» 100 » » чернослива	18—33 » » »
» 100 » » коринки	25—28 » » »
» 100 » » вишневых ягод	27—29 » » »
» 100 » » фиников	33—35 » » »

Если брожение фруктовой массы идет с самого начала вяло, медленно, то это служит признаком того, что дрожжей мало или того, что температура слишком низкая и нужно, следовательно, или прибавить дрожжей, или отоплить помещение, в котором ведется брожение.

Если брожение прекращается слишком рано, то это служит показателем, что затор имеет слишком высокую кислотность и его следует несколько нейтрализовать промытым, тонко измолотым мелом и значительно увеличить количество дрожжей.

Измельченные сушеные фрукты можно перерабатывать также по способу диффузии, причем получают сок, который сбраживают по способу непрерывного брожения (как это производится при сбраживании диффузионного свекловичного сока). Из 100 кг фруктового сахара получают выход в 50 — 55 л абсолютного спирта.

Сырой спирт имеет известный характерный привкус, который исчезает при тщательной ректификации спирта.

Спирт, полученный из виноградного вина или виноградных выжимок, носит название «коньяк» и высоко ценится на рынке. В Англии очень ценят спирт из можжевельных ягод, в Германии из вишни, а в Чехии из слив.

ГЛАВА XIV

Переработка свеклосахарной патоки на спирт

КОЛИЧЕСТВО ПАТОКИ, ПЕРЕРАБАТЫВАЕМОЙ В СССР

Как уже было указано в ч. 1 на стр. 67, черная или кормовая патока есть отход свеклосахарного производства. Она представляет собой густой сироп чернобурого цвета, который содержит около 48% тростникового сахара. Однако выделить из патоки тростниковый сахар в чистом виде, в виде кристаллов, очень трудно и потому она идет на корм скоту, а также для переработки на спирт и на дрожжи.

Уже в дореволюционное время производство спирта из свеклосахарной патоки у нас было довольно велико и составляло в 1913/14 г. 6,5 млн. дкл абсолютного спирта, или 12,5% от всего производимого спирта.

В последние годы производство спирта из патоки в СССР сильно возросло и составляет около 15 млн. дкл абсолютного спирта в год, т. е. почти 30% от всего выработанного спирта; на спирт было переработано 74% всей патоки, полученной на свеклосахарных заводах, а в 1930/31 г.— 61% от всей патоки.

Если принять во внимание, что выход спирта из 1 ч ячменя и патоки почти одинаков, и кормовое достоинство ячменя в 1,5 раза, а кукурузы в 1,66 раза больше кормового достоинства патоки, то станет ясным, что с точки зрения интересов народного хозяйства патока должна целиком расходоваться на производство спирта и дрожжей, а не на корм.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПАТОКИ

Патока содержит тростниковый сахар, который легко ображивается дрожжами спиртовых заводов; однако переработка эта имеет свои особенности, которые можно легко выяснить при изучении ее химического состава.

На рафинадных заводах перерабатывают желтый сахар для получения из него сахара рафинада, причем получают черную рафинадную патоку, которая по химическому составу очень близка к черной кормовой патоке (табл. 35).

Азотистые вещества патоки состоят главным образом из продуктов разложения белков, из аминокислот и амидов, а именно: из глутаминовой, аспарагиновой кислоты, лейцина, изолейцина, бетанина и др.

По исследованиям Ш т а й г е р а количество усвояемого дрожжами азота составляет 0,5 % по весу патоки и равно 33% от общего содержания его в патоке.

	Свеклосахарная кормовая патока	Рафинированная черная патока
Вода	22,5	22,5
Общее количество сахара	49,7	47,6
Другие безазотистые экстрактивные вещества	10,3	13,0
Азотистые вещества ($N \times 6,25$)	10,3	9,7
Зола (свободная от кислоты)	7,2	7,2
Итого	100,0	100,0

Этого количества азота, содержащегося в патоке, далеко не достаточно, чтобы дрожжи имели возможность хорошо размножаться для сбраживания концентрированных паточных заторов. Поэтому для хорошего энергичного брожения необходимо в паточные заторы добавлять азотистое питание.

Особенностью кормовой патоки следует считать ее низкую доброкачественность. В то время как доброкачественность хлебно-картофельного затора равна в среднем 80%, т. е. из 100 ч. сухих веществ 80 ч. принадлежат к сбраживаемым веществам, — доброкачественность черной патоки равна только 56—60%; она содержит слишком много несахара и поэтому дрожжи размножаются в ней трудно.

Другую особенность черной патоки является чрезвычайно большое содержание в ней минеральных солей. В то время как ячмень, кукуруза, овес содержат минеральных солей 1,5—2,5 %, патока содержит таковых 7—8 %, и это тоже одна из причин, почему дрожжи в ней плохо размножаются и плохо бродят.

Зола патоки содержит, по исследованиям Вольфа (в %):

Калия	70	Магния	0,4
Натрия	12	Фосфорной кислоты	0,6
Кальция	5,7		

Особенно заметно при большом количестве калия весьма малое содержание в золе фосфорной кислоты, которая при производстве сахара уходит в отбросы — в фильтрпресную грязь. Чтобы получить хорошее, энергичное брожение, необходимо задавать в дрожжевое сусло фосфорную кислоту.

Щелочность патоки. На сахарных заводах имеется всегда большое количество сахарных соков и сиропов в чанах, аппаратах и трубах, которое может легко подвергнуться брожению, что приведет к крупным потерям производства.

Чтобы избежать этого, обычно к сахарным сокам и сиропам подбавляют извести и держат их щелочными. Так как щелочь убивает дрожжи, то необходимо патоку до задачи дрожжей нейтрализовать и несколько подкислить.

ОТЛИЧИЕ СПОСОБА ПЕРЕРАБОТКИ ЗАТОРОВ ОТ СПОСОБА ПЕРЕРАБОТКИ ХЛЕБНО-КАРТОФЕЛЬНЫХ ЗАТОРОВ

Так как патока содержит тростниковый сахар, который ображивается легко на спирт дрожжами спиртовых заводов, то паточные заторы не нуждаются в задаче зеленого солода для осахаривания затора. Но выше уже было указано, что для хорошего размножения дрожжей необходимо в паточные заторы добавить растворимых азотистопитательных веществ. Раньше в качестве таковых добавляли сухой молотый солод, потом перешли на зеленый солод, затем стали применять отруби, солодовые ростки, отвар пивных дрожжей. В настоящее время задают автолизат дрожжей, приготовленный на этом же заводе из дрожжей, оседающих на дне чана при окончании брожения. Таким образом отпала совсем необходимость в изготовлении солода, в покупке отрубей, ростков, дрожжей: утилизируются собственные отходы производства.

Кроме автолизата дрожжей задают в паточные заторы в качестве азотистого питания сернистый аммоний. Чтобы пополнить в паточных заторах недостаток фосфора, задают обычно отвар суперфосфата.

Как указано выше, паточные заторы имеют низкую доброкачественность, содержат 40—45% сахара, в составе этого сахара имеется очень большое количество минеральных солей—7—8%, вследствие чего дрожжи плохо размножаются и недостаточно энергично бродят в паточных заторах. Чтобы обеспечить энергичное, быстрое ображивание, в них задают большое количество дрожжей; в хлебно-картофельные заторы задают обычно 4—8% дрожжей по емкости бродительного чана, а в паточные задают дрожжей 25—40%. Кроме того в приемах ведения брожения в паточных заторах имеется еще одна особенность. В хлебно-картофельных заторах, задавая только 4—8% дрожжей, приливают к дрожжам сразу весь затор, в котором дрожжи быстро размножаются; между тем в паточных заторах даже при таком большом количестве дрожжей брожение идет плохо. Поэтому затор приливают к дрожжам не сразу, а частями, или, как говорят, «подмолками», в три приема, а в последнее время заполняют бродительный чан по способу непрерывной приточной, по которому патока в течение 25—27 час. поступает в чан небольшой непрерывной струей.

ОЦЕНКА ПАТОКИ

Определение концентрации

Самая правильная оценка патоки—это определение в ней процентного содержания сахара, от которого зависит выход спирта; это определение делается помощью поляриметра. Приблизительное суждение о качестве патоки можно иметь по концентрации ее, которую определяют по ареометру Бо́ме.

Ареометр Бо́ме устроен таким образом, что при погружении его в дециллитрованную воду температуры 17,5° Ц он показывает 0°, а при погружении в раствор поваренной соли, содержащий в растворе 15 вес. ч. поваренной соли на 85 вес. ч. воды, он показывает 15°; расстояние между

точками 0° и 15° разделено на 15 частей, и деления эти продолжены от точки 15° вниз.

При таких основах устройства ареометра Бо́ме не может дать показания о количестве сухих веществ в патоке и о процентном содержании сахара в ней; позная показания ареометра Бо́ме, возможно, помощью приведенной здесь табл. 36, определить показания сахарометра Баллинга в ней, т. е., сколько весовых процентов сухих веществ находится в данной патоке, при предположении, что все сухие вещества патоки имеют такой же удельный вес, как тростниковый сахар¹. Так, патока, имеющая концентрацию в 40,1° Бо́ме, согласно таблице имеет 74,0° Бал, т. е. 100 кг ее содержат 74 кг сухих веществ и 26 кг воды при предположении, что в патоке находится в растворе только тростниковый сахар.

При определении концентрации патоки посредством ареометра Бо́ме необходимо соблюдать все правила, какие были указаны при определении баллинга (см. стр. 108); особенно важно довести температуру патоки при определении до температуры, указанной на самом ареометре (17,5° Ц).

Патока очень вязкая жидкость, а потому определение в ней концентрации помощью ареометра Бо́ме не так удобно. Удобнее определить концентрацию ее следующим образом: отвешивают 250 г патоки и 750 г воды, хорошо размешивают, доводят до нормальной температуры 17,5° Ц и определяют баллинг. Пусть показание баллинга равно 19°, тогда патока неразбавленная имеет концентрацию $19 \cdot \frac{1000}{2,50} = 76^\circ$ Бал., или, согласно табл. 36, — 41,1° Бо́ме.

Обычно требуют, чтобы патока имела концентрацию в 40° Бо́ме, а в Германии и Австрии — даже 42° Бо́ме; такая высокая концентрация патоки дает уверенность, что она не забродит и что она не бродила, что эта патока здоровая. При низкой концентрации в 35° Бо́ме патока легко забраживает, закисает, и переработка ее на спирт довольно затруднительна.

При определении концентрации патоки посредством ареометра Бо́ме необходимо соблюдать все правила, какие были указаны при определении Баллинга; особенно важно соблюдать температуру при определении температуры (17,5° Ц), указанной на самом ареометре.

Содержание инвертного сахара в патоке и определение кислотности или щелочности

Хорошая здоровая патока должна содержать не более 0,25% инвертного сахара; большее содержание его служит показателем, что патока подвергалась процессу закисания, которое и вызвало образование инвертного сахара, и следовательно патока заражена бактериями, вызвавшими закисание ее. Такая патока, возможно, будет давать плохой выход спирта, и потому цена ее понижается: за каждый процент инвертного сахара, что выше 0,25%, делается вычет, равный 5% тростникового сахара.

¹ На самом деле тростниковый сахар составляет в среднем 60% всех сухих веществ патоки.

Соотношения между градусами сахарометра Баллинга, ареометра Боле и удельным весом сахарных растворов

1° Боле = 1,76° Баллинга)

Весовые проценты сахара по Баллингу	Градусы по Боле (новые)	Уд. вес	Весовые проценты сахара по Баллингу	Градусы по Боле (новые)	Уд. вес	Весовые проценты сахара по Баллингу	Градусы по Боле (новые)	Уд. вес
0,0	0,0	1,00000	23,0	13,0	1,09686	46,0	25,6	1,21100
5	3	1,00193	5	2	1,09915	5	8	1,21369
1,0	0,6	1,00389	24,0	5	1,10145	47,0	26,1	1,21639
5	85	1,00583	5	8	1,10375	5	4	1,21910
2,0	1,1	1,00779	25,0	14,1	1,10607	48,0	6	1,22182
5	4	1,00976	5	3	1,10839	5	9	1,22455
3,0	7	1,01173	26,0	6	1,11072	49,0	27,2	1,22728
5	2,0	1,01371	5	9	1,11306	5	4	1,23003
4,0	3	1,01570	27,0	15,2	1,11541	50,0	7	1,23278
5	55	1,01770	5	5	1,11776	5	28,0	1,23555
5,0	8	1,01970	28,0	7	1,12013	51,0	2	1,23832
5	3,1	1,02171	5	16,0	1,12250	5	5	1,24111
6,0	4	1,02373	29,0	3	1,12488	52,0	8	1,24390
5	7	1,02575	5	6	1,12727	5	29,0	1,24670
7,0	4,0	1,02779	30,0	8	1,12967	53,0	3	1,24951
5	25	1,02983	5	17,1	1,13207	5	6	1,25233
8,0	5	1,03187	31,0	4	1,13449	54,0	8	1,25517
5	8	1,03393	5	7	1,13691	5	30,1	1,25801
9,0	5,1	1,03599	32,0	95	1,13934	55,0	4	1,26086
5	4	1,03806	5	18,2	1,14178	5	6	1,26372
10,0	7	1,04014	33,0	5	1,14423	56,0	9	1,26658
5	9	1,04222	5	8	1,14669	5	31,2	1,26946
11,0	6,2	1,04431	34,0	19,05	1,14915	57,0	4	1,27235
5	5	1,04641	5	3	1,15163	5	7	1,27535
12,0	8	1,04852	35,0	6	1,15411	58,0	9	1,27816
5	7,1	1,05064	5	9	1,15661	5	32,2	1,28107
13,0	4	1,05276	36,0	20,1	1,15917	59,0	5	1,28400
5	6	1,05489	5	4	1,16162	5	7	1,28693
14,0	9	1,05703	37,0	7	1,16413	60,0	33,0	1,28944
5	8,2	1,05917	5	21,0	1,16666	5	2	1,29290
15,0	5	1,06133	38,0	2	1,16920	61,0	5	1,29581
5	8	1,06349	5	5	1,17174	5	8	1,29878
16,0	9,0	1,06566	39,0	8	1,17430	62,0	34,0	1,30177
5	3	1,06783	5	22,05	1,17686	5	3	1,30476
17,0	6	1,07002	40,0	22,3	1,17943	63,0	5	1,30777
5	9	1,07221	5	6	1,18201	5	8	1,31078
18,0	10,1	1,07441	41,0	9	1,18460	64,0	35,1	1,31381
5	4	1,07662	5	23,1	1,18720	0	3	1,316194
19,0	7	1,07884	42,0	4	1,18981	65,0	6	1,31989
5	11,0	1,08106	5	7	1,19243	5	8	1,32294
20,0	3	1,08329	43,0	95	1,19505	66,0	36,1	1,32601
5	6	1,08553	5	24,2	1,19769	5	3	1,32908
21,0	8	1,08778	44,0	5	1,20033	67,0	6	1,33217
5	12,1	1,09004	5	8	1,20299	5	85	1,33526
22,0	4	1,09231	45,0	25,0	1,20565	68,0	37,1	1,33886
5	7	1,09458	5	3	1,20832	5	4	1,34148

Таблица 36 (продолжение)

Весовые проценты сахара по Баллангу	Градуусы по Боме (новые)	Уд. вес	Весовые проценты сахара по Баллангу	Градуусы по Боме (новые)	Уд. вес	Весовые проценты сахара по Баллангу	Градуусы по Боме (новые)	Уд. вес
69,0	37,6	1,34460	78,0	42,1	1,40254	87,0	5	1,46374
5	9	1,34774	5	4	1,40586	5	7	1,46724
70,0	38,1	1,35088	79,0	6	1,40918	88,0	47,0	1,47074
5	4	1,35403	5	9	1,41252	5	2	1,47426
71,0	6	1,35720	80,0	43,1	1,41588	89,0	4	1,47778
5	9	1,36037	5	3	1,41921	5	7	1,48132
72,0	39,1	1,36330	81,0	6	1,42253	90,0	9	1,48486
5	4	1,36647	5	8	1,42595	5	48,2	1,48842
73,0	6	1,36965	82,0	44,1	1,42934	91,0	4	1,49199
5	9	1,37317	5	3	1,43273	5	7	1,49456
74,0	40,1	1,37639	83,0	6	1,43614	92,0	9	1,49815
5	4	1,37962	5	8	1,43955	5	49,15	1,50274
75,0	6	1,38287	84,0	45,1	1,44299	93,0	4	1,50635
5	9	1,38612	5	3	1,44643	5	6	1,50996
76,0	41,1	1,38939	85,0	5	1,44986	94,0	8	1,51359
5	4	1,39266	5	3	1,45331	5	50,0	1,51722
77,0	6	1,39595	86,0	46,0	1,45678	95,0	3	1,52087
5	9	1,39924	5	2	1,46026			

Кислотность или щелочность патоки определяется следующим образом отвешивают 20 г патоки, разбавляют приблизительно тройным количеством воды и титруют если патока кислая, то нормальным едким натром пользуясь индикатором лакмусовой бумажкой. Если патока щелочная, то титруют нормальной серной кислотой.

Как было уже указано выше, нормальная здоровая патока должна быть щелочной; кислая реакция патоки служит показателем, что она подвергалась или маслянокислому, или молочнокислому, или уксуснокислому брожению и переработка ее будет затруднительна.

Опыт показал, что свежая патока, полученная непосредственно от действующего сахарного завода хуже перерабатывается на спирт, чем патока, полежавшая 2—3 мес. Затем выяснено, что для получения наибольшего выхода спирта следует перерабатывать смесь патоки разных заводов, но не вести производство из патоки каждого завода в отдельности.

ТРАНСПОРТИРОВКА ПАТОКИ

Кормовая патока доставляется на спиртовые заводы либо в вагонах-цистернах, либо в бочках. Слив патоки из последних в приемный чан для патоки не представляет затруднений летом, когда патока имеет температуру 20—25° Ц и когда она легко выливается из опрокинутой вниз бочки. Зимой же, когда температура патоки ниже 0° Ц или близка к этому, она застывает, теряет совершенно свою подвижность и почти не выливается из отверстия шириной в 16 см.

Чтобы ускорить опорожнение вагона и бочек и чтобы хорошо очистить их от патоки, во избежание крупной потери пропаривают бочки отработанным паром от машины и насосов, так как пар высокого давления, особенно перегретый, частично разлагает, карамелизует сахар. Ополаскивание бочек можно производить и горячей водой, сходящей с дефлегматора ректификации, и этим сэкономить часть пара.

Обыкновенно над чаном для приема патоки устраивают железный жолоб и над ним эстакаду из деревянных балок, на которых устанавливают 10—15 бочек с патокой для опорожнения. Жолоб и эстакаду следует поместить внутри теплого помещения, обогреваемого горячей водой или паром. Когда бочки постоят в таком помещении ночь, они согреваются, и опорожнение их происходит легче, с меньшей тратой пара.

Для ускорения слива патоки из одного чана в другой делают широкие трубы диаметром 150—200 мм.

Для удобства передвижения патоки внутри завода ее, до подачи на верхние мерники, подогревают паром и рассиropливают до концентрации в 26° Боме, что равно 45° Бал, тогда она делается жидкой, подвижной и легко и быстро транспортируется по всем направлениям. Между тем без предварительной рассиropки густая вязкая патока транспортируется так трудно, что это нередко служит причиной значительного понижения производительности завода.

С целью рассиropки патока поступает в железный чан, на дне которого имеется паровая труба с отверстиями для прямого нагрева патоки, а также отдельный барабатель для воздуха от компрессора. Чан может быть поставлен на сотенные весы; тогда можно будет принимать весом всю патоку, поступающую на завод.

В этом чану можно будет, если есть надобность, всю патоку, поступающую на завод, вскипятить или же, прибавив горячей воды и затем пустив пар и воздух, нагреть, хорошо размешать ее до однородной смеси, насытить воздухом, что содействует хорошему брожению. При этом задают уже обычно количество кислоты, необходимое для нейтрализации патоки.

РАССИРОПКА ПАТОКИ

В вышеуказанной табл. 36 имеются данные для расчета при рассиropливании патоки. Если например первоначальная патока имеет, как выше указано, 76° Бал-41,1° Боме и требуется 1000 кг ее рассиropить водой, чтобы получить патоку в 60° Бал, или 33° Боме, то при рассиropке из 1000 кг патоки, получится $1000 \frac{76}{60} = 1267$ кг. Следовательно для рассиropки потребуется прибавить $1267 - 1000 = 267$ кг, или 267 л воды. Объем рассиropленной патоки, имеющей при 60° Бал, уд. вес 1,2894, равен: $\frac{1267}{1,2894} = 977,9$ л.

Раньше помощники технорука завода были усиленно заняты приготовлением различной величины и концентрации подмолодки в заторном чану для задачи в бродильные и промежуточные чаны. В настоящее время рассиropки готовятся без заторного чана, с помощью специальных рас-

сиропников (рис. 140). По трубе А притекает патока из верхнего напорного чана, рассироппленная до 45° Бал, а по трубе Б притекает вода, причем приток той и другой регулируется посредством кранов А и В до тех пор, пока сахарометр, плавающий ниже в чашке для рассироппленной патоки (смеситель), не покажет, что достигнута желательная концентрация рассироппки.

Когда аппарат урегулирован, патока и вода стоят каждая внутри стекла с делениями на определенном уровне, и пока уровень этот не меняется, остается без изменения и концентрация рассироппки. При падении уровня в стекле меняется и концентрация, так что, издали, можно видеть, исправно ли работает рассироппник. Эти стекла с делениями называют регуляторами давления. При аппарате имеется еще и третья труба с краном С, подающая из особого свинцового чана очень малое количество серной кислоты, которая регулируется так, чтобы проба рассироппки, взятая из чашки, при титровании нормальным едким натром, показала определенную кислотность, какая нужна для данной подмолочки. Труба С и кран при ней свинцовые, так как медные были бы скоро разъедены кислотой.

Вода может подводиться двумя кранами: по одному горячая, а по другому холодная, так что имеется возможность урегулировать не только концентрацию, но и температуру воды в рассироппке. Сзади рассироппника имеется рекуператор для нагрева воды, который при желании может служить холодильником, для достижения определенной температуры рассироппки.

Так как на практике приходится одновременно заливать несколько чанов с различной концентрацией рассироппки и с различной кислотностью, то на заводе следует иметь несколько таких рассироппников. Персонал должен быть высококвалифицированным и весьма добросовестно следить за правильной работой рассироппников.

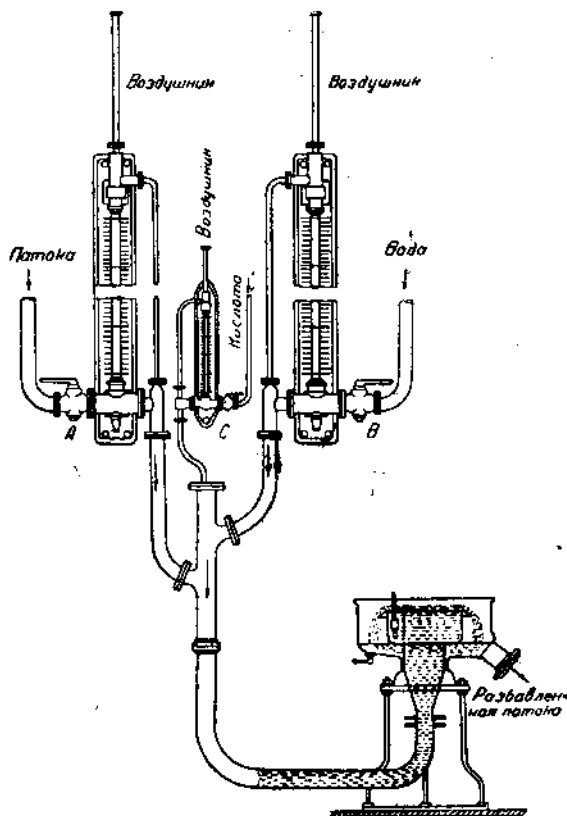


Рис. 140. Рассироппный аппарат для получения рассироппки патоки определенной концентрации и кислотности.

Кроме рассиропников можно также применять и заторный чан, имеющий мешалку и холодильный—он же и паровой—змеевик, которые дали бы возможность готовить вполне доброкачественную рассиропку.

Чтобы облегчить решение задач, связанных с приготовлением из концентрированной патоки жидких рассиропок в 10—30° Бал, помещается здесь табл. 37, вычисленная Г. Фотом, которая показывает, какое количество килограммов патоки плотностью в 40, 41, 42 и 43° Боме, следует взять, чтобы добавив воды до 1000 л, получить нужную рассиропку в пределах концентрации 10—30° Бал.

Например, чтобы из патоки концентрации 42° Боме, или 78° Бал, приготовить рассиропку с концентрацией в 16° Бал следует согласно табл. 37 взять 219,3³ кг патоки.

Таблица 37

Определение количества патоки, плотностью в 40°, 41°, 42° и 43° Боме, которое следует взять, чтобы, после прибавления воды, получить рассиропку в пределах 10—30° Баллинга

Концентрация приготавливаемого затора (рассиропки)		Количество патоки в кг				
		Удельные веса по Боме (новые градусы)				
Градусы Баллинга	Градусы Боме	40°	41°	42°	43°	44°
10	5,7	141,09	137,37	133,8	130,38	127,13
11	6,2	155,83	151,77	147,76	143,99	140,40
12	6,8	170,68	166,17	161,85	157,71	153,78
13	7,4	185,65	180,74	176,05	171,54	167,27
14	7,9	200,74	195,44	190,36	185,49	180,87
15	8,5	215,96	210,25	204,79	199,55	194,57
16	9,0	231,29	225,18	219,33	213,72	208,39
17	9,6	246,75	240,23	233,99	228,01	222,32
18	10,0	262,34	255,41	248,77	242,41	236,37
19	10,7	278,05	270,71	263,67	256,93	250,53
20	11,3	293,89	286,13	278,70	271,57	264,08
21	11,8	309,87	301,68	293,85	286,33	279,20
22	12,4	325,97	317,36	309,12	301,21	293,70
23	13,0	342,21	333,17	324,51	316,22	308,33
24	13,5	358,58	349,11	340,04	331,35	323,09
25	14,1	375,09	365,18	355,70	346,60	337,96
26	14,6	391,74	381,39	371,48	361,98	352,95
27	15,2	408,52	397,73	387,40	377,49	368,08
28	15,7	425,44	414,21	403,44	393,13	383,33
29	16,3	442,51	430,82	419,62	408,89	398,70
30	16,8	459,71	447,57	435,94	424,80	414,20

Расчет этот без таблицы можно сделать следующим образом:

Так как рассиропка в 16° Бал имеет по табл. 36 уд. вес 1,0657, то 1000 л ее весят 1065,7 кг.

Предположим, что патоки в 78° Бал, или 42° Боме нужно взять x килограммов; $x \cdot \frac{78}{16} = 1065,7$, откуда $x = 1065,7 \cdot \frac{16}{78} = 218,6$ кг, что почти совпадает с данными Фота; воды для этой рассиропки следует взять $1000 - 218,6 = 781,4$ л.

ОТСТОЙНИКИ И НАПОРНЫЕ ЧАНЫ ДЛЯ ПАТОКИ

Для возможно более легкого учета расхода патоки на каждый затор, а также для определения количества килограммов, взятого на каждую подмолодку, что очень важно для правильного регулярного ведения производства, патоку постоянно сиропят до одной определенной концентрации, например патоку для дрожжевого затора сиропят до концентрации 18° Бал, первоначальную патоку для выкочки в верхние напорные чаны сиропят на 45° Бал, или 25° Боме.

При рассиропке на 45° Бал из патоки выпадают осадки коллоидального характера, которые во время брожения обволакивают дрожжевые клетки и увлекают их на дно чана, ухудшая этим процесс брожения. При отстаивании в напорном чану этот осадок садится на дно, а верхняя часть, без осадка, поступает в затор; для этой цели в напорном чану имеется труба на 200 мм выше дна. Осадок, разбавив водой, можно спустить в бродильный чан под конец брожения; тогда он уже повредить дрожжам не может. Отстойник или напорный чан дезинфицируют и снова заливают рассиропкой в 45° Бал. Подъем этой рассиропки с нижнего этажа в отстойники, стоящие на самом верхнем этаже завода, удобнее всего производить помощью монжю и сжатого воздуха.

Полезный объем отстойника при расходе за смену 1000 кг патоки в 76° Бал, или 41,1° Боме должен равняться 1400 л, что выясняется из следующего расчета: 1000 кг патоки в 76° Бал после рассиропки до 45° Бал дадут $\frac{1000 \cdot 76}{45}$ кг патоки; так как удельный вес патоки в 45°

Бал равен 1,20565, то объем этой патоки будет равен $\frac{1000 \cdot 76}{45 \cdot 1,20565} = 1400$ л; присчитывая к этому объему 15% на объем отстоя, получают, что отстойник на каждые 1000 кг патоки, перерабатываемых за 1 смену в 8 час., должен иметь объем $1400 \cdot 1,15 = 1615$ л.

Таких сборников устанавливают два; в одном патока отстаивается, а из другого поступает в дрожжевые и бродильные чаны. Так как из них патока течет самотеком во все станции завода, их называют также, «напорные чаны».

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПАТОЧНЫХ ДРОЖЖЕЙ

Объем дрожжевой посуды

Как уже выше было указано, для быстрого, энергичного сбраживания паточных заторов, в виду слишком большого количества в них сахара, задают в бродильный чан большое количество дрожжей — 25 — 35% от объема всего затора. Если завод ведет специально паточное производство, то дрожжезаторный чан для подготовки затора и дрожжевой чан для брожения дрожжей изготовляют с самого начала такой величины, чтобы иметь дрожжи емкостью в 25—30% от емкости бродильного чана. Дрожжевой чан, или, как на практике говорят, дрожжанка, должна вмещать кроме дрожжей для спуска в бродильный чан, составляющих 30% от объема бродильного чана, еще и маточные дрожжи, составляющие 30% от объема дрожжей; поэтому дрожжанка должна

иметь полезный объем в $35 + 30 \cdot \frac{35}{100} = 45,5\%$ емкости бродительного чана. Прибавив 10% неполноты, имеем общий объем дрожжанки $= 50\%$ емкости бродительного чана.

Дрожжезаторный чан должен иметь объем в 135% от объема жидкости; следовательно его объем должен быть равным $45,5 \cdot \frac{135}{100} = 61,4\%$ емкости бродительного чана.

Бродильный чан должен вмещать все заторы, приготовленные в течение 8-час. смены.

Если завод ведет производство спирта попеременно, то хлебно-картофельное, то паточное, и в дрожжевом отделе имеются дрожжанки емкостью только в $10-12\%$ емкости бродительного чана, то кроме этих малых дрожжанок устанавливают еще промужуточные бродильные чаны или, как их на практике называют, передаточные чаны, которые имеют емкость в 40% емкости бродительного чана.

Концентрация дрожжевого затора

В то время как в хлебно-картофельном производстве готовят дрожжи высокой концентрации (в $19-20^\circ$ Бал), в паточных заторах, содержащих очень большое количество сахара, для успешности сбраживания поддерживают все время брожения концентрацию только в $7,5-8^\circ$ Бал. Но в дрожжевом заторе, где желательно иметь зрелые дрожжи, а потому более высокую концентрацию, готовят заторы, имеющие после задачи дрожжевой матки концентрацию в $14-15^\circ$ Бал.

Так как маточные паточные дрожжи считаются зрелыми, когда они сбродают от 15 до 6° Бал, а количество матки равно 30% от емкости дрожжей, то паточное сусло до задачи матки должно иметь концентрацию в $17,4^\circ$ Бал, и тогда $0,7 \times 17,4 + 0,3 \times 6,0 = 14,03^\circ$, т. е. концентрация дрожжей после задания маточных дрожжей будет 14° Бал.

Стерилизация дрожжевого паточного сусла

Чтобы быть уверенным в чистоте брожения, дрожжевой паточный затор обязательно стерилизуют кипячением.

Обычно это делают после того, как в дрожжевой затор задали отвар суперфосфата, азотистопитательные вещества, серную кислоту и растворили водой до 18° Бал. При этом на поверхности жидкости всплывает пена, которую следует снять как ненужный отброс, а на дне дрожжезаторного чана выпадает осадок, который не следует спускать в дрожжевой затор, а, как уже указано выше, следует спустить либо в особый чанок для промывания, либо в бродильный чан за 6 часов до его сгонки.

Подкисление дрожжевого затора

Чтобы иметь чистые дрожжи, незараженные посторонними микроорганизмами, задают в дрожжевое сусло в качестве антисептика серную кислоту так, чтобы иметь кислотность в $1,3-1,5^\circ$ Дельбрюка, или же подвергают паточное сусло молочнокислому закисанию до получения надлежащей кислотности. Для обеспечения чистоты в сернокислых дрож-

жах сначала держат кислотность 1,2°, а затем за 4—5 дней переходят на кислотность 1,4—1,5°.

Чтобы рассчитать, какое количество серной кислоты необходимо для подкисления дрожжей, следует сначала рассчитать объем дрожжей.

Примем, что на 1 кг перерабатываемой патоки бродильный чан имеет емкость 3,0 л или что на 1 м³ емкости бродильного чана можно переработать 333 кг патоки.

Если принять, что патока содержит 45% сахара и что 100 кг последнего дают выход в 60 л спирта, то 1 кг патоки дает выход $0,6 \times 0,45 = 0,27$ л спирта. Так как из 1 кг получают 3 л бражки, то 1 л бражки содержит $0,27 : 3 = 0,09$ л спирта, а 100 л бражки 9 л спирта, т. е. при условии, что 1 кг патоки дает 3 л затора, бражка содержит 9 л объем. спирт.

Для переработки 1000 кг патоки бродильный чан имеет емкость 3 000 л и при объеме дрожжей в 35 л объем дрожжей равен $3\,000 \times \frac{35}{100} = 1\,050$ л.

Так как дрожжевое сусло, как указано выше, имеет концентрацию 16° Бал и уд. вес 1,0722, то вес дрожжевого сусла равен $1050 \times 1,0722 = 1125,8$ кг. На получение этого сусла было израсходовано первоначальной патоки в 76° Бал: $1125,8 \times \frac{17,4}{76} = 258$ кг.

Пусть первоначальная патока имеет щелочность 0,2 см³, т. е. при титровании 20 г патоки израсходовано 0,2 см³ нормальной серной кислоты (содержащей в 1 см³ 0,049 г серной кислоты). Для нейтрализации 1000 г — $= 1$ кг патоки потребуется $\frac{1000 \times 0,2 \times 0,049}{20} = 0,49$ г серной кислоты. Так

как для приготовления дрожжевого сусла взято 258 кг патоки в 76° Бал, то для их нейтрализации потребуется $258 \times 0,49 = 129$ г серной кислоты.

Для подкисления дрожжевого сусла до кислотности, обеспечивающей чистоту дрожжей, т. е. до 1,4° Дельбрюка, требуется на 1000 см³ = 1 л сусла $1\,000 \times 1,4 \times 0,049 = 3,43$ г серной кислоты, а для всех 1 050 л дрожжевого сусла будет израсходовано $1050 \times 3,43 = 3602$ г серной кислоты.

Итого для нейтрализации подкисления дрожжевого сусла для затора в 1000 кг требуется $3602 + 129 = 3731$ г серной кислоты.

Так как для получения 100 ч. химически чистой серной кислоты требуется 104 ч. продажной серной кислоты в 66° Боме, то последней расходуется $3\,731 \times 1,04 = 3\,880$ г = 3,88 кг на дрожжи. Это колич. кислоты включает уже то количество серной кислоты, которое будет израсходовано на подкисление автолизата дрожжей.

Подкисление и нейтрализация патоки для главного затора

Из 1 000 кг первоначальной патоки в 76° Бал часть 258 кг, которая ваята на приготовление дрожжей, уже нейтрализована; остается нейтрализовать $1\,000 - 258 = 742$ кг,

Для нейтрализации 1 кг патоки, при щелочности ее в 0,2 см³, требуется 0,49 г серной кислоты, следовательно всего потребуется для нейтрализации $742 \times 0,49 = 371$ г серной кислоты = 0,37 кг.

В бродильный чан на каждые 1 000 кг патоки, поступающие в производство, должно поступить 3 000 л затора, из которых 1 050 л для дрожжей уже подкислены; остается еще подкислить $3000 - 1050 = 1950$ л паточного сусла. Обычно подкисляют до кислотности 0,25° Дельбрюка. На это потребуется $1950 \times 1000 \times 0,25 \times 0,049 = 1194$ г = 1,19 кг серной кислоты. Для нейтрализации и подкисления главного затора потребуется $1,19 + 0,37 = 1,56$ кг 100 %-ной серной кислоты, а серной кислоты в 66° Боме потребуется $1,56 \times 1,04 = 1,62$ кг.

Так как для дрожжей, как указано выше, расходуется 3,88 кг серной кислоты, то всего для приготовления затора из 1 000 кг патоки в 76° Бал потребуется $1,62 + 3,88 = 5,5$ кг серной кислоты, или 0,55% по весу первоначальной патоки.

ДОБАВЛЕНИЕ АЗОТИСТОПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ДРОЖКЕВОЙ ЗАТОР

Материалы, употребляемые для азотистого питания дрожжей

Имеющийся в свеклосахарной патоке азот утилизируется дрожжами во время брожения только наполовину. Фот считает, что для энергичного брожения необходимо добавить на каждые 1 000 кг перерабатываемой патоки 75 г азота.

Раньше с этой целью готовили сильные дрожжи из муки и зеленого солода, причем брали сначала 10% по весу патоки, потом—6 и наконец, по способу Гаага, только 0,8%.

По предложению Рейпельмана стали вместо муки и зеленого солода применять в качестве азотистопитательного вещества отруби.

Затем начали брать солодовые ростки, пивные дрожжи, причем те или другие кипятили и полученный отвар задавали в дрожжевой затор. После этого начали применять дрожжевые экстракты; экстракт Бауера, который готовили таким образом, что автолизат дрожжей сильно сгущали в вакуум-аппарате или дрожженит Куэса, который получали, смешивая сушеные пивные дрожжи с суперфосфатами.

Применение перечисленных препаратов совершенно устранило из практики паточных заводов солодовню и солодовщиков, что удешевило производство, но при этом поставило заводы в зависимость от поставщиков экстракта и дрожжей.

Наконец в качестве азотистопитательного материала стали применять сернокислый аммоний, азот которого хорошо усваивается дрожжами.

Применение автолизата осадочных дрожжей в качестве азотистого питания дрожжей

В последнее время пивные дрожжи нашли широкое применение как превосходный корм, и спиртовые заводы стали самостоятельно готовить автолизат из дрожжей, получаемых в виде отброса на собственном про-

изводстве, в качестве азотистопитательного материала для дрожжей. Это оказалось наиболее выгодным по себестоимости и удобным тем, что делало спиртовые заводы независимыми от пивоваренных заводов.

Исследование, произведенное Вееукраинским научно-исследовательским институтом ферментативной и плодовоовощной промышленности, показало¹, что если в отверстие броидильного чана для спуска бражки вставить шпунтер, вышиной в 150 мм, то, после спуска бражки, когда в последней совсем закончился процесс брожения, остается на дне чана осадок дрожжей, из которого можно собрать после промывания, декантации и прессования сухих прессованных дрожжей, содержащих 25% сухого вещества, в количестве 1,2—1,6% по весу патоки; из этого количества полученных осадочных дрожжей могут идти обратно в производство для изготовления автолизата для питания дрожжей 40—50%, остальное же количество дрожжей может идти в продажу как ценный корм для птицы, свиней и пр.

Автолизат дрожжей в качестве азотистопитательного вещества вполне заменяет зеленый солод.

Что касается количества дрожжей, необходимого для изготовления автолизата, то оно должно быть не менее 0,5% по весу патоки, поступающей в затор, причем расчет должен идти на дрожжи, имеющие 25% сухих веществ.

Количество это легко определяется, если после трехкратного промывания дрожжей определили их объем в литрах и, после хорошего размешивания, показание баллинта в них. Вес дрожжей в том случае, если бы их отжали на фильтр-прессе до содержания 25% сухих веществ, приблизительно определяется по формуле $x = \frac{M \cdot B}{28}$, где M —число литров промытых дрожжей, B —их баллинт.

Если например при промывании получено 18 л дрожжей с концентрацией в 15° Бал, то из них можно получить прессованных дрожжей с 25% сухих веществ: $x = \frac{18 \cdot 15}{28} = 9,6$ кг.

При заторе в 1000 кг патоки следует взять для приготовления автолизата 0,5% = 5 кг дрожжей, а так как полученные 18 л промытых дрожжей составляют 9,6 кг дрожжей с 25% сухих веществ, то для автолизата надо взять $\frac{18 \cdot 5}{9,6} = 9,4$ л дрожжей.

Приготовление автолизата

Отмеренное количество литров дрожжей (в данном случае 9,4 л) помещают в медный чанок, который вставляют в чан с водой; в последней поддерживают температуру 40—45° Ц в течение 24 час. При этом дрожжи, под действием энзима пептазы, совершенно разлагаются, образуя жидкий экстракт, богатый пептонами и амидами и вполне пригодный для питания дрожжей.

Если объем дрожжей, назначенных для приготовления автолизата, большой, то или помещают чан в теплую камеру, в которой поддержи-

¹ См. проф. Фукс и инж. Супруненко, Утилизация осадочных дрожжей зрелой бражки при паточном винокурении, Киев, 1932 г.

вают температуру в 40—45° Ц, или помещают в чану с дрожжами зме-евик, через который по надобности пропускают дефлегматорную горячую воду.

Автолизат готовят обычно сразу для всей суточной потребности и чтобы он в течение 24—30 час. стояния не закис, его подкисляют серной кислотой до кислотности 3,0° Дельбрюка. Для одного литра дрожжей требуется для подкисления до 3,0° Дельбрюка 7,3 г или 4,1 см³ серной кислоты в 66° Вомер. Кислоту разбавляют водой в 10 раз, задают в автолизат при сильном помешивании, затем подогревают паром до кипения, кипятят 15 мин., после чего автолизат может стоять без порчи 25—30 час.

При задаче указанного количества автолизата, т. е. на 1000 кг патоки взято для изготовления его 5 кг дрожжей, содержащих 25% сухих веществ, и нет надобности в задаче сернокислого аммония, так как 1 кг дрожжей дает 15 г растворимого азота, а автолизат из 5 кг дрожжей даст $5 \times 15 = 75$ г растворимого азота, что, как указано, выше вполне достаточно для переработки 1000 кг патоки.

100 г сернокислого аммония дают 21 г растворимого азота и если взять только 2,5 кг дрожжей для приготовления автолизата, то следует добавить 200 г сернокислого аммония на каждые 1000 кг перерабатываемой патоки.

Задача суперфосфата в дрожжевое сусло

Как уже указано выше при производстве сахара почти вся фосфорная кислота свеклы уходит в фильтпрессную грязь. Между тем, фосфорная кислота играет очень важную роль в процессе брожения, поэтому для лучшего исхода брожения задают в дрожжи фосфорные соли. Для этой цели берут самую дешевую фосфорную соль—кальциевую, или суперфосфат.

По Ф о т у достаточно задать на 1000 кг патоки 175 г фосфорной кислоты, или 1,2 кг суперфосфата, содержащего 15—18% растворимой фосфорной кислоты.

Практика однако показала, что этого количества недостаточно, и в последнее время стали брать 0,4% суперфосфата, или на 1000 кг патоки 4 кг суперфосфата.

Важно хорошо утилизировать последний, так как он медленно растворяется в воде. Его обливают 15-кратным количеством горячей воды дают стоять, при частом размешивании, 4—5 час. Этот настой суперфосфата сливают в дрожжевой паточный затор и обливают осадок горячей водой, которой также, при частом помешивании, дают настаиваться 4—5 час. Слитый отсюда раствор поступает для настаивания со свежим суперфосфатом, а двукратно экстрагированный осадок выбрасывается.

Задача магниезных солей

Для энергичного брожения следует также задать в дрожжевое сусло на каждые 1000 кг патоки 70 г сернокислого магния соли ($MgSO_4 + 7H_2O$).

Подкисление паточного сусла посредством молочнокислого закисания

Одно время серная кислота была у нас дефицитной, соляная же кислота для подкисления паточного сусла менее удобна, чем серная. Вследствие этого паточные спиртовые заводы стали вести молочнокислосое закисание паточного сусла помощью молочнокислых бактерий для получения молочной кислоты, которая может вполне заменить серную как для нейтрализации щелочности патоки, так и в качестве антисептика для борьбы с вредными посторонними микроорганизмами.

Для процесса молочнокислого закисания стали применять молочнокислые бактерии чистой культуры Дельбрюка, какие уже издавна с большим успехом культивируются в хлебно-картофельном производстве. Первое время здесь встретилось затруднение. Паточное сусло недостаточно закисало с молочнокислыми бактериями Дельбрюка. Проф. С и т н и к о в предложил для достижения лучшего закисания увеличить количество задаваемой молочнокислой матки и вместо матки в объеме 2—3% от объема закисаемого паточного сусла—брать 10%. Так как и этого было недостаточно, то инж. С у п р у н е н к о начал брать кислую матку в объеме 25%; при таком количестве матки закисание шло вполне успешно.

Процесс молочнокислого закисания вели точно так, как и в хлебно-картофельных дрожжах. В паточное сусло, разбавленное до 20° Бал, задавали указанное выше количество автолизата, суперфосфата, магnezияльной соли, отваривали до кипения для стерилизации, давали постоять 20 мин., снимали пену, расхолаживали, при температуре 53° Ц задавали матку молочнокислых бактерий в количестве 25% и затем в течение 22 час. поддерживали в закисающем паточном сусле наиболее благоприятную для бактерии Дельбрюка температуру—50—54° Ц. Для этой цели либо устраивали для чанов, в которых производили закисание, теплую камеру, в которой помощью паровых труб поддерживали постоянно температуру 50—55° Ц, либо в чанах с кислым суслом устраивали змеевики для подогревания сусла, и такое подогревание его производили каждые 2—3 часа, не допуская падения температуры ниже 50° Ц.

Что касается степени закисания, то, как указано выше, следует поддерживать кислотность в сернокислых паточных дрожжах 1,3—1,5°, в среднем 1,4° Дельбрюка, а в молочнокислых дрожжах 2,0—2,4° Дельбрюка.

Такая высокая кислотность в молочнокислых паточных дрожжах объясняется следующими причинами.

1. При ведении сернокислых дрожжей берется отдельно серная кислота для нейтрализации щелочности в патоке и подкисления дрожжей и отдельно—для нейтрализации щелочности в патоке и подкисления большого затора. При молочнокислом закисании необходимо так сильно подкислять дрожжевое паточное сусло, чтобы кислоты было достаточно не только для подкисления дрожжей, но и для нейтрализации и подкисления большого затора.

2. При сернокислых дрожжах достаточна в антисептических целях кислотность в 1,4° Дельбрюка, так как при такой кислотности удается

Сохранить дрожжи в чистоте, с малым количеством вредных микроорганизмов. Молочная кислота менее энергична, чем серная, и для чистоты дрожжей необходимо поддерживать в них кислотность 2,0 — 2,4° Дельбрюка.

Когда достигнута указанная кислотность, снимают кислую матку, для задачи в следующее паточное сусло для его закисания, отваривают оставшееся кислое до 80° Ц, чтобы убить в нем молочно-кислые бактерии, держат при этой температуре 20 мин., а затем охлаждают для задачи дрожжевой матки.

Молочнокислосое закисание по способу Гладкого или способ непрерывного молочнокислого брожения

Инструктор Киевского спиртротреста т. Г л а д к и й очень удачно разрешил задачу ведения молочнокислого закисания паточного сусла, причем он повел процесс закисания в одних и тех же чанах непрерывно, опорожняя их только раз в 20 суток для очистки.

Это ему удалось, потому что он оставлял кислую матку в размере 75% закисающего сусла, к которому приливал только 25% сладкого сусла для закисания; при этом, после прилива сладкого сусла, в чану кислотность была уже в 1,8° Дельбрюка. За 4 часа кислотность сусла в чану поднималась до 2,5° Дельбрюка и тогда из него опять спускали 25%, вместо которых приливалось сладкое сусло.

Таким образом в чанах для молочнокислого брожения кислотность все время поддерживалась на уровне 1,8—2,5° Дельбрюка, кроме того в чанах для закисания поддерживалась все время температура 50—55° Ц. Последнее достигалось тем, что каждые 4 часа спускали из этих чанов $\frac{1}{4}$ чана и доливали из верхнего дрожжезаторного чана сусло такой температуры, чтобы в чанах для закисания была именно указанная температура (50—55° Ц).

Высокая кислотность и благоприятная температура давали возможность иметь чистое, непрерывное закисание.

Операции шли самотеком. Для переработки 1000 кг патоки устанавливался наверху заторный чан емкостью 1 400 л, в котором готовили 1 050 л паточного сусла, с добавлением к нему азотистопитательных веществ, суперфосфата. Сусло это было стерилизовано кипячением и затем расколосено до такой температуры, чтобы при спуске сусла из заторного чана в чаны для молочнокислого закисания, в последних была температура 53—55° Ц.

Три чана для молочнокислого закисания, каждый емкостью в 1 400 л, стояли ниже этого заторного чана и выше второго заторного чана емкостью в 1 800 л. Каждые 4 часа, когда в чанах для закисания кислотность достигала 2,4° Дельбрюка, из всех трех чанов спускали по $\frac{1}{4}$ их сусла (по 350 л), во второй нижестоящий заторный чан и сейчас же доливали их до полного сладким суслом из верхнего заторного чана. В нижнем заторном чану слитые $350 \times 3 = 1 050$ л, отваривали на 80° Ц, чтобы убить молочнокислые бактерии; через 20 минут охлаждали до температуры задачи дрожжей, задавали дрожжевую матку 300 л, окончательно расколаживали и спускали в дрожжанку для брожения.

Сравнительные достоинства сернокислого и молочнокислого закисания в дрожжах

Молекулярный вес одновалентной молочной кислоты равен 90, а двухвалентной серной кислоты 98, и потому 49 г серной кислоты эквивалентны по степени кислотности 90 г молочной кислоты.

Как указано выше, расход серной кислоты для нейтрализации и подкисления дрожжевого и главного паточных заторов равен 0,55% по весу патоки; расход молочной кислоты равен $0,55 \frac{90}{49} \%$ по весу патоки. Счи-

тая потери сахара при молочнокислом брожении в 20%, или иначе говоря, считая, что только 80% сахара дали молочную кислоту, имеем расход молочной кислоты — $\frac{0,55 \cdot 90}{49 \cdot 80} 100\%$ по весу патоки.

Так как патока содержит 45% сахара, то расход сахара на молочнокислое закисание равен $\frac{0,55 \cdot 90 \cdot 100 \cdot 100}{49 \cdot 80 \cdot 45} = 2,7\%$ по весу сахара.

Так как серная кислота в настоящее время не является дефицитным продуктом, то теперь совершенно невыгодно тратить сахар и вести молочнокислые паточные дрожжи, почему все паточные спиртовые заводы перешли на сернокислые дрожжи.

Выбор расы дрожжей

Для успеха сбраживания паточных заторов важно подобрать подходящую расу дрожжей. К паточным дрожжам предъявляют два требования: 1) они должны иметь энзимы, разлагающие не только тростниковый сахар, но также и рафинозу и мелибиозу так, чтобы и рафиноза была полностью сброжена на спирт; и 2) они должны вызывать энергичное брожение и должны быть стойкими в борьбе с посторонними микроорганизмами в паточных заторах, имеющих такое большое количество несахара и минеральных солей.

Особенно пригодными в этом отношении оказались дрожжи расы Я и расы S, чистую культуру которых рассылают микробиологические лаборатории Московского и Киевского научно-исследовательских институтов. Дрожжи расы П и расы XII, которые так энергично работают в хлебно-картофельных заторах, проявляют в паточных заторах гораздо меньше энергии, чем дрожжи расы Я и S.

Ведение процесса брожения в паточных дрожжах

При ведении процесса брожения в паточных дрожжах возможны следующие два случая:

- 1) ведение работы с промежуточными чанами, или, как их иначе называют, с чанами для предварительного брожения, и
- 2) без промежуточных чанов.

Кроме того возможно вести брожение в открытых дрожжевых и бродильных чанах и в герметически закрытых чанах.

Ведение работы с промежуточными чанами или с чанами для предварительного брожения

На спиртовых заводах имеются дрожжанки, приспособленные для хлебно-картофельного производства, емкостью только в 11—12% от объема бродильного чана, т. е. при переработке 1000 кг патоки и при бродильном чане емкостью в 3 000 л дрожжанка имеет емкость в 360 л. Так как для успешного ведения процесса брожения в бродильном чану при паточных заторах необходимо задать 25—35% дрожжей, то при переработке патоки устанавливают после дрожжанки промежуточный бродильный чан, в котором дрожжи размножают до 35% емкости бродильного чана. При переработке 1 000 кг патоки этот промежуточный чан должен иметь полезную емкость в $3000 \times \frac{35}{100} = 1050$ л и общую емкость $1050 + 1050$

$$\frac{15}{100} = 1207 \text{ л.}$$

Работу ведут следующим образом.

В сладкое паточное сусло, которое было подготовлено вышеуказанным способом (т. е. в него были добавлены азотистопитательные вещества для дрожжей и минеральные соли, была задана серная кислота до кислотности 1,4° Дельбрюка, затем оно было разбавлено водой до 18° Бал и простерилизовано кипячением, после расколосено до температуры 28° Ц, задают дрожжевую матку в объеме 25—30%. На 1 000 кг перерабатываемой патоки дрожжанка имеет объем 360 л; в нее вливают сладкого сусла в 18° Бал—260 л, задают маточных дрожжей 75 л и расхолаживают до температуры 22—22,5° Ц. После задачи матки дрожжи имеют концентрацию 14° Бал. Для содействия размножению дрожжей продувают около 1 $\frac{1}{4}$ —1 $\frac{1}{2}$ часа воздух и посредством холодильного змеевика поддерживают в дрожжах температуру 28—29° Ц, не выше 30° Ц. Через 16—18 час. дрожжи отбраживают до 5—5,5° Бал, снимают с них 75 л матки, а остальные 240 л спускают в промежуточный чан для дрожжей. Нарастание кислоты в дрожжах за время брожения равно будет 0,06° Дельбрюка.

Размножение дрожжей в промежуточном чану ведется по способу подмолодок. Залив промежуточного чана по этому способу состоит в том, что к дрожжам приливают сладкое паточное сусло, заготовленное, как описано выше, в 2—3 приема, постепенно размножая дрожжи; при этом производят продувание воздуха. Такая задача сладкого сусла для размножения дрожжей на практике носит название «подмолодки дрожжей». Она может быть однократная, двухкратная и трехкратная.

Раньше подмолаживание паточных дрожжей производилось довольно бессистемно; каждый помощник технорука производил подмолаживание по-своему, выбирая совершенно произвольно концентрацию сусла после подмолодки и отброд сусла перед следующим подмолаживанием.

В настоящее время на всех заводах ведут подмолаживание следующим образом: после смешивания дрожжей со сладким суслом, смесь должна иметь концентрацию 7,5° Бал; когда смесь сбродит до 6—5,5° Бал, задают следующую подмолодку с таким расчетом, чтобы смесь имела опять концентрацию в 7,5° Бал.

На рис. 141 изображены установки для дрожжевого отделения паточного производства с промежуточными чанами, а на рис. 142—установка Щепкина и Васильева без промежуточных чанов. Если сравнить рис. 141 и 142, то видно, что при больших дрожжанках, как у Щепкина и Васильева, вся установка и работа значительно упрощается.

Установки рис. 141 рассчитаны на такое ведение производства, при котором для каждого бродильного чана готовят дрожжи, начиная от маленькой дрожжанки *D*, переходя от нее к большей дрожжанке *E*, а от последней к чану предварительного брожения *F*, который уже дает

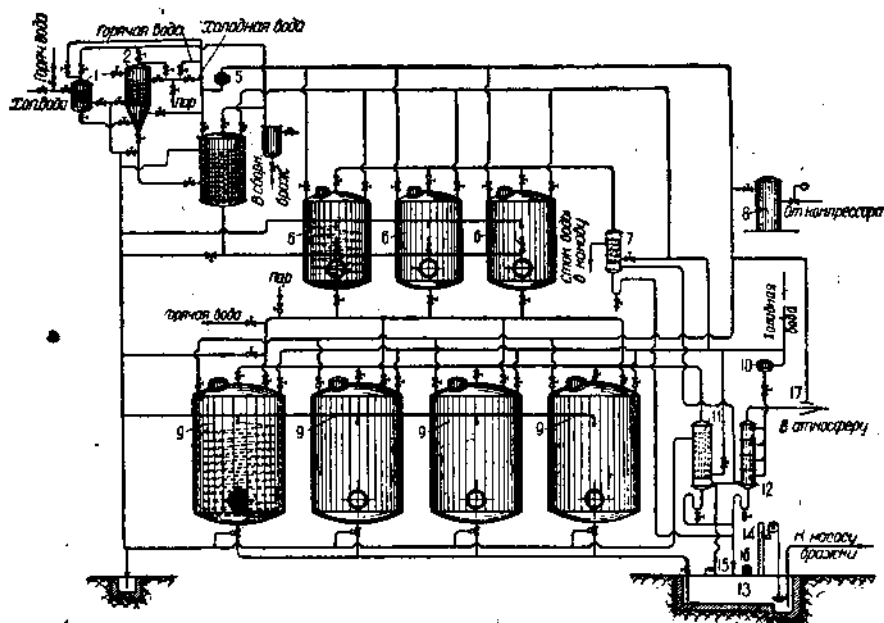


рис. 142. Схема установки Щепкина и Васильева для ведения паточного производства по способу чистой культуры без промежуточных чанов.

объем дрожжей в 35% от бродильного чана; между тем, в установке Щепкина и Васильева (рис. 142) из большой дрожжанки 6 три четверти созревших дрожжей спускают в бродильный чан 9, а оставшаяся четверть поступает как дрожжевая матка в другую дрожжанку 6, с сладким суслом для дрожжей.

Ведение брожения в бродильных чанах

Как уже было указано выше, паточное сусло содержит такое большое количество сахара и солей, что если при большом (35%) количестве дрожжей залить сразу весь чан сладким суслом, то брожение идет очень вяло и требует много времени; между тем обычно брожение паточных заторов, от момента начала залива бродильного чана до момента поступления бражки на перегонку, длится только 30—36 час.

Для достижения такого быстрого сбраживания заливают бродильный чан либо по способу подмолодок, либо по непрерывно приточному способу.

Залив бродильного чана по способу подмолодок

Залив бродильного чана производится в данном случае таким же образом, как и залив промежуточного чана для дрожжей. Обыкновенно после спуска в предварительно вымытый и пропаренный бродильный чан дрожжей в объеме 30—35% бродильного чана, к ним приливают 3 подмолодки до полного наполнения чана. При этом первую и вторую подмолодки дают каждую в объеме 20% емкости бродильного чана и такой концентрации, чтобы после размешивания подмолодки с дрожжами смесь имела концентрацию 7,5° Бал. После каждой подмолодки производят продувание воздуха в течение 1,5—2 часа, —только после последней подмолодки продувание должно быть кратковременное (20—30 мин.), чтобы вместе с воздухом не увлечь часть спирта из бражки. Подмолодка дается, как указано выше, тогда, когда бражка в чану отбродила от 7,5 до 6—5,5° Бал. Помощью холодильного змеевика температура в чану во время брожения поддерживается 28—29° Ц и не выше 31° Ц. Бродильный чан должен быть окончательно заполнен не позже чем за 6 час. до поступления его на перегонку.

Что касается третьей или последней подмолодки, то рассиропка ее должна быть такова, чтобы в бродильный чан поступила, включая дрожжи, вся назначенная в затор патока, т. е. 1 000 кг первоначальной патоки, или — иначе говоря, чтобы на 1 кг перерабатываемой патоки приходилось не более 3 л емкости бродильного чана и чтобы на 1 м³ бродильного чана, который заливается за сутки, приходилось не менее 333 кг патоки.

Чтобы учесть, какое количество патоки поступило в каждый бродильный чан, очень удобно установить для каждого бродильного чана на чердачном помещении отдельный напорный чан, в котором стоит заготовленная для него патока в 45° Бал, расколотая до 12—15° Ц. Чан должен иметь шкалу с делениями, которые указывают, сколько литров паточного сусла спущено из него на каждую операцию.

Спуская из этого напорного чана-мерника патоку через рассиропник, устанавливают в последнем рассиропку на строго определенной концентрации, например для производства дрожжей для подмолодок, исключая последнюю, производят концентрацию в 18° Бал; для последней подмолодки в бродильном чану устанавливают в рассиропнике концентрацию в 30° Бал. При отдельном напорном чане-мернике для каждого бродильного чана в последний поступает точно назначенное для него количество патоки.

Для учета количества патоки, поступившей в бродильный чан, важно, чтобы последний был строго измерен и чтобы к нему была изготовлена правильная наметка. Измерив помощью последней, какой объем бражки в бродильном чану до поступления подмолодки в чан, и по окончании прилива подмолодки, можно определить, сколько патоки поступило в чан. Для этого расчета на практике выражают количество поступившей

в чан патоки в литрбаллингах, считая, что 1 л первоначальной патоки в 76° Бал содержит 76 литрбаллингов (л=Бал.).

Например расчет количества 3-й подмолодки в 30° Бал, какую следует прилить в бродильный чан, чтобы при его емкости в 3 000 л, вместить в нем всего 1 000 кг патоки в 76° Бал, производится следующим образом:

азато на дрожжи	1 050 л × 18° Бал.	18 900 литрбаллингов
> > 1-ю подмолодку	380 » × 18 »	6 840 »
> > 2-ю »	433 » × 18 »	7 794 »

Итого поступило 1 863 л × 188 бал. 33 534 литрбаллингов

Всего в бродильный чан должно поступить 1 000 кг, патоки в 76° Бал с уд. весом 1,389; объем патоки равен $\frac{1000}{1,389} = 719$ л, следовательно чан должен вместить $719 \times 76 = 54\,644$ литрбаллингов. Поступило в него 33 534 л = Бал. необходимо еще влить $54\,644 - 33\,534 = 21\,110$ л = Бал. Если концентрация рассиропки для последней подмолодки равна 30° Бал, то ее должно поступить в чан $21\,110 : 30 = 704$ л. Всего поступит в чан $1\,863 + 704 = 2\,567$ л рассиропки, а остальные $3\,000 - 2\,567 = 433$ л есть вода, которая приливается по частям в каждой подмолодке, чтобы достигнуть желательной концентрации в 7,5° Бал.

Залив бродильного чана по непрерывно приточному способу

Всеукраинский научно-исследовательский институт ферментативной и плодоовощной промышленности изучал вопрос, какой из двух способов залива бродильного чана выгоднее: способ подмолодок или способ непрерывно приточный¹.

Опыты, поставленные в 1932 г. на Овечацком и Каменском спиртовых заводах (Украина), показали, что непрерывно приточному способу следует отдать предпочтение.

Овечацкий спиртовой завод представляет тип старой системы паточного завода, который при бродильном чане в 1 300 дкл имеет дрожжанку, емкость только в 72 дкл, или 5,5%, емкости бродильного чана и промежуточный чан, емкость в 360 дкл, или 28%, емкости бродильного чана.

Каменский спиртовой завод представляет тип новейшего паточного завода, который близок к системе оборудования Щепкина и Васильева. Объем бродильных чанов равен 1200 дкл. Дрожжанки крупной величины. На каждые два бродильных чана имеется одна дрожжанка с общей емкостью в 1200 дкл и полезной емкостью в 1 100 дкл. На этом заводе, когда дрожжи созревают, снимают матку в 280 дкл для следующих дрожжей, а из остатка спускают по 400 дкл зрелых дрожжей в каждый бродильный чан, так что дрожжи составляют 33% емкости последнего.

Оборудование этого завода интересно еще тем, что оно дает возможность, каждые 7 суток из 2—3 пробирок дрожжей чистой культуры расы

¹ См. В. Супруненко, Беспрерывно доливный способ провадити ферментування в м'ясосових гуральнях, под керівництвом проф. А. А. Фукса.

Я изготовлять маточные дрожжи для дрожжанки емкостью в 1200 дм^л. Делается это таким образом. «Помощью дрожжей в пробирках приводят в брожение стерильное паточное сусло в колбе емкостью в 2 л, посредством забродившего сусла приводят в брожение стерильное сусло в Карлсберговской колбе, из нее в аппарате Линднера емкостью в 30 л, из последнего в чану Линднера, емкостью 30 дм^л, продувая через сусло фильтрованный через стерильную вату воздух; помощью дрожжей из чана Линднера приводят в брожение сусло в большом герметически закрытом чану «Подлинденере», емкостью в 300 дм^л, из которого дрожжи поступают в чан, емкостью 1200 дм^л.

Приводим здесь таблицу 38 и 38а, в которых показаны все данные по изготовлению заторов 7, 8 и 9 по способу подмолодок и 10, 11 и 12 по непрерывно-приточному способу.

По способу подмолодок производили только две подмолодки для заполнения бродильного чана. Для залива чанов № 10, 11 и 12 по способу непрерывно приточному был поставлен выше бродильных чанов напорный чан, из которого непрерывно притекала паточная рассиропка с концентрацией 30° Бал. причем постоянно регулировали приток сусла так, чтобы концентрация бражки в бродильном чану была 7,5—8,0° Бал; заполнение чана заканчивали за 6—8 час. до спуска бражки на брагоперегонный аппарат. При заполнении чана по способу подмолодки баллинг сладкого затора был 13,5—14,0°, а при непрерывно приточном способе 8,5°, хотя заполнение чана было закончено за 7—8 час. до сгонки.

Видимый отброд в бражке по способу подмолодок (4,5—4,8° Бал.) меньше, чем по способу непрерывно приточному (5,2—5,9° Бал.) и также и истинный отброд (9,0—9,2° Бал. и 10,4—10,8° Бал.), что объясняется тем, что по способу подмолодок сброжено в бродильном чану 40—41 ч патоки, а по непрерывно приточному 43,5—46,8 ч. Однако же по способу подмолодок остается в зрелой бражке несброженного сахара 0,3—0,4%, а по непрерывно приточному способу—только 0,2—0,3%.

Чаны, залитые по непрерывно приточному способу, дали как на Овечацком, так и на Каменском спиртовом заводе лучшие результаты, чем залитые по способу подмолодок, хотя для тех и других готовили паточное сусло одного и того же качества (азотистое питание дрожжей было в виде отвара солодовых ростков) и условия ведения работы были в обоих случаях также одни и те же.

По беспрерывно приточному способу лучше используется единица емкости бродильного чана на один м³ емкости бродильного чана переработано по способу подмолодок 339 кг патоки, а по непрерывно-приточному 381 кг, т. е. на 12% больше.

В чанах, залитых по способу подмолодок, имеется среднее процентное содержание спирта в бражке 8,7%, а по непрерывно-приточному 9,37%.

Средний выход спирта из одного бродильного чана повысился при непрерывно-приточном способе на 12,5%.

Повышение выхода спирта и производительности спиртового завода объясняется не только лучшим сбраживанием при непрерывно приточном способе, но также и тем, чтобы при этом способе залива получается очень

Данные хода брожения в бродильных чанах на Каменском спиртовом заводе при задане чанов с двумя подмоладами

№ опыта заквашивания бродильных чанов	Количество сахара и патоки, израсходованное на затвор и дрожжи			Объем бродильного чана в дкл	Количество заквашивания бражки в дкл	Качеств. заквашивания дрожжей в % по емкости бродильного чана	Качественные показатели затвора при заквашивании бродильного чана				Зрелая бражка							Получено спирта по выделу в дкл	Получено спирта со 100 кг сахара (инверта) в л	Продуктивность брожения в бродильных чанах в час.	Продуктивность брожения в час. дукта в час.—мин.
	Сброжено патоки в г	Содержание сахара в патоке в %	Всего сахара в патоке в г				Концентрация в °	Кислотность в ° Леб-брожа	Температура в ° Ц	Выделившийся отбор в °	Истинный отбор в °	Кислотность в ° Леб-брожа	Содержание спирта в %	Содержание патоки в %	Количество небро-женного сахара в %	Неполнота брожения в см					
7	40,01	40,8	16,32	1200	1148	33	13,5	0,8	28,5	4,5	9,0	0,95	8,4	0,4	4,3	96,43	56,13	38	4—20		
8	40,11	41,4	16,6	1200	1139	33	13,6	0,7	28,0	4,6	9,1	0,9	8,8	0,32	5,1	100,23	57,34	36	5—00		
9	41,9	40,6	17,01	1200	1157	33	14,1	0,8	27,5	4,8	9,2	0,9	8,9	0,4	3,8	102,97	57,48	37	4—40		

Таблица 38а

Данные хода брожения в бродильных чанах на Каменском спиртовом заводе при зативе чанов по непрерывно-приточному способу

№ опыта закваски бро- дильных чанов	Количество сахара и патоки, израс- ходованное на затив и дрожжи		Всего сахара и патоки в %		Объем бродильных чанов в дкл		Количество закваски бражки в дкл		Ненасыщенность бродильного в чана в %		Концентрация распрас- ленной патоки в напор- ном чану в ° Бал		Температура в напорном чану в ° Ц		Кислотность распрас- ленной патоки в напор- ном чану в ° Дельбюкса		Максимальная темпера- тура бродильной массы и бродильном чану в ° Ц		Концентрация отбродив- шей массы в бродильном чану в ° Бал	
	в %	Сброжено патоки	Соусы в %	Всего сахара и патоки в %	4	5	6	7	8	9	10	11	12							
10	46,7	40,2	18,77	1200	1198	0,16	27	26	0,1	29	8,5									
11	43,55	42,2	18,38	1200	1200	0	28	25	0,15	30	8,2									
12	46,8	41,2	19,3	1199	1199	0,08	31	28	0,2	31	8,5									

Таблица 38а (продолжение)

Максимальная кислот- ность бродильной массы в бродильном чану в °	Бал	За сколько часов до кон- ца брожения прекратили приток паточного сусла	Продуктивность пуска в холодильные эме- льки бродильного чана в час.к	Использование емкости бродильного чана в %	Зрелая бражка						Кислотность в ° Дельбюкса	Винный отброд в ° Бал	Истинный отброд в ° Бал	Количество нес- броженного сахара в %	Крепость по Мо- ру-Вестфалу в % объем.	Получено спирта по ана- лизу в дкл	Получено спирта со 100 кг сахара (инверт.) в л	Продуктивность бро- жения в бродильном чану в час.—мин.	Продуктивность при- бавки дрожжей через бродильный чан в час.—мин.	25
					17	18	19	20	21	22										
1,0	1,0	7	5—10	99,84	0,7	5,6	10,4	0,24	9,4	112,61	57	37—00	8—10							
1,05	1,05	6	4—30	100,0	0,75	5,2	10,3	0,2	8,2	110,4	57,05	36—20	9—00							
1,0	1,0	8	5—00	99,92	0,75	5,9	10,8	0,3	9,5	113,9	56,14	36—10	7—50							

мало пены на поверхности бражки, что дает возможность использовать емкость бродильного чана почти на все 100%.

Из всего этого следует, что спиртовым заводам, ведущим производство спирта из свеклосахарной патоки, нужно перейти на непрерывно-приточный способ залива бродильного чана.

Ведение брожения по способу Щепкина и Васильева

Как видно из рисунка 142, по этому способу при четырех бродильных чанах 9 имеются большой величины (40%) дрожжанки 6 и при последних чанки для разведения дрожжей чистой культуры 1,2,3,4,5 из одной-двух пробирок. Все бродильные чаны имеют одну общую ловушку 11—12, из которой промывная вода, как и бражка поступает в передаточный резервуар для бражки 13.

Способ Щепкина и Васильева интересен в трех отношениях: 1) он вводит в практику паточных спиртовых заводов ведение брожения по способу чистых культур; 2) он дает образец ведения паточного спиртового брожения по непрерывно-приточному способу;

3) по этому способу отпадают маленькие дрожжанки и промежуточные чаны, а дрожжи ведут в дрожжанках емкостью 35—40% от бродильного чана.

Из описания ведения работы на Каменском спиртовом заводе видно, что этот способ осуществляется на практике неполностью. Дрожжи расы Я чистой культуры из 2—3 пробирок размножают в карлсберговской колбе, затем в чанах линднера и подлинднера до размеров большой дрожжанки и в этой последней получают дрожжи чистой культуры. Чтобы вся бражка в бродильном чану была чистой культуры, необходимо стерилизовать сусло, приливаемое к дрожжам посредством кипячения, чего обыкновенно из экономии расхода топлива не делают.

Из дрожжанок 6 (рис. 142) три четверти спускаются в бродильные чаны, а последняя четверть поступает в прокипяченное сладкое сусло в качестве матки для получения новых дрожжей. Дрожжанки, при каждом спуске дрожжей моются и дезинфицируются; это необходимо в виду того, что паточное сусло часто образует обильную пену, которую необходимо спустить и после которой необходимо мыть и дезинфицировать чан. В этой установке неудобно то, что все бродильные чаны имеют одну общую ловушку-промывалку для улавливания углекислого газа.

Это неправильно и в отношении удобства утилизации отходящей углекислоты и с точки зрения возможности инфекции бражки в чанах, а потому рациональнее поставить около каждого чана отдельную ловушку-промывалку.

Введение брожения при ненормальной, большой патоке

Если в переработку поступает здоровая, нормальная патока, то переработка ее по вышеизложенным методам проходит очень легко: брожение патоки обычно заканчивается сполна за 36 час., отброд видимый колеблется в пределах 4,5—5,5° Бал; в бражке остается несброженного сахара

0,2—0,4%; нарастание кислотности за время брожения колеблется в пределах 0,1—0,2° Дельбрюка, и выход спирта составляет 60 л с 1 ч тростникового сахара.

Но довольно часто производство идет не так гладко; появляются ненормальности; брожение в чанах сильно запаздывает и длится вместо 36 около 45 час. или еще больше, а иногда брожение замирает далеко еще до срока, причем получается большой отброд (около 10° Бал), и выход спирта с 1 ч сахара сильно понижается; также сильно понижается производительность завода.

Такие нарушения правильности течения производства бывают, когда приходится перерабатывать большую патоку.

Влияние кипячения, формалина и суперфосфата

Больными патоками называют сильно кислые жидкие патоки, закисание которых вызвано развитием в них бактерий, производящих уксусную и муравьиную кислоты. Эти кислоты уже в малых количествах сильно вредят спиртовому брожению. Посредством высокой температуры при кипячении патоки можно задержать дальнейшее развитие этих бактерий, но удалить кипячением эти летучие и вредные для брожения кислоты очень трудно. Чтобы удалить их совсем, пришлось бы очень долго кипятить разбавленную патоку, затратить слишком много топлива, причем неизбежно часть сахара карамелизовалась бы и была бы потеряна для производства.

Стерилизацию патоки коротким кипячением следует считать обязательной для той части ее, которая поступает для приготовления паточных дрожжей; ту же часть патоки, которая поступает в бродительный чан, следует прокипятить только в том случае, если патока заражена уксуснокислыми бактериями (что можно обнаружить посредством микроскопа), а также если патоку, разбавленную до 15° Бал, подвергнуть самоброжению.

Короткое кипячение, убивая уксуснокислые бактерии, улучшает переработку этой патоки на спирт.

Встречаются большие патоки, имеющие невысокую кислотность, но которые бродят туго. Обычно они содержат инвертный сахар и заражены дикими дрожжами. Кипятить такие патоки не следует, так как это убивает дикие дрожжи, которые могут быть полезны, и затем при кипячении теряется спирт, имеющийся в патоке вследствие деятельности диких дрожжей.

Увеличенная прибавка настоя суперфосфата улучшает процесс брожения.

Очень полезно при тугом сбраживании большой патоки прибавить раствор формалина в такой дозе, чтобы задержать деятельность вредных бактерий, не задерживая деятельности дрожжей. Для этой цели следует прибавить 125 мг продажного 40%-ного формалина на 1 л раствора патоки в 20° Бал. Если патока имеет более высокую концентрацию, следует дозу формалина соответственно увеличить, и наоборот.

Хотя формалин и дорог, но увеличение выхода спирта оправдывает затрату на него.

Некоторые патоки отличаются тем, что сильно пенятся как при заливке чана, так и при процессе брожения, что сильно понижает производительность патоки.

Пробное брожение для выяснения лучшего способа обработки патоки

При переработке больной патоки следует поставить в лаборатории несколько опытов пробного брожения для выяснения, по какому способу предварительно обработать патоку, чтобы достигнуть лучших выходов спирта.

Для этой цели сиропят патоку до концентрации 15° Бал, прибавив предварительно автолизата, полученного от самоброжения дрожжей (0,5% по весу патоки), и отвар суперфосфата (взятого в размере 0,3% по весу патоки) и, взяв для каждого опыта 0,5 л паточного раствора, производят следующие обработки:

1) одну порцию патоки подвергают самоброжению при температуре 30° Ц, без задачи дрожжей;

2) во вторую порцию задают серную кислоту до кислотности 0,25° Дельбрюка и 2 г прессованных дрожжей и ставят бродить при 30° Ц;

3) в третью порцию задают серную кислоту до кислотности 0,7° Дельбрюка, доводят ее до кипения, через $\frac{1}{2}$ часа охлаждают; при температуре 30° Ц задают дрожжи и ставят бродить при 30° Ц;

4) в четвертую порцию задают серную кислоту до кислотности 0,25° Дельбрюка и продажный формалин, как указано выше, т.е. на 0,5 л раствора в 15° Бал—47 мг формалина и 2 г дрожжей и ставят бродить при 30° Ц;

5) в пятую задают серную кислоту до кислотности 0,25° Дельбрюка и прибавляют раствор суперфосфата так, чтобы иметь его в вдвое большем количестве, чем в остальных пробах.

Результаты брожения покажут, какой способ предварительной обработки патоки является наиболее выгодным для производства.

Азотнокислосое брожение патоки

Некоторые бактерии (мегатериодиск, коли) выделяют при своей жизнедеятельности водород, действующий (в момент выделения) восстанавливающим образом на азотнокислые соли, с образованием из них окислов азота, которые выделяются в виде характерных краснобурых паров, имеющих специфический острый запах. Если бродильный чан не полон, то можно видеть, как над поверхностью бродающей жидкости стелется краснобурые пары окислов азота. Если азотистой кислоты имеется 0,05%, то дрожжи замирают и брожение прекращается.

Азотнокислосое брожение—явление редкое, и для избежания его очень важно соблюдать чистоту на заводе и тщательно дезинфицировать всю заводскую посуду и трубопроводы.

Заражение патоки бактерией лейконостоком (клеком)

Патока, поступающая с сахарных заводов, иногда заражена бактерией лейконосток (см. рис. 95), имеющей часто форму целого ряда диплококков, окруженных капсулей из слизи, которые напоминают разбух-

шее, полупрозрачное саго. В концентрированных паточных заторах эта бактерия не размножается и находится в покое. В слабых 10—25%-ных растворах сахара при температуре 26—28° Ц она вызывает слизевое (декстрановое) брожение, причем образуется слизистая студенистая масса, засоряющая трубопроводы и вентили.

Превращение раствора патоки с концентрацией в 20—25 и даже 35° Бал в студень идет чрезвычайно быстро. За 9—10 часов одна пятая заготовленной распырки превращается в саговидную крупу, которая выпадает в осадок. Из сахара при этом образуется декстран и молочная кислота.

При выпадении осадков при клёковом брожении происходит нарастание кислотности в 0,8—1,0° Дельбрюка, что угнетает жизнедеятельность дрожжей.

Потери тростникового сахара на образование декстрана и молочной кислоты так велики, что выход спирта понижается на 10—15%.

Подогрев патоки до 50—56° Ц не убивает лейконостока; подогрев же для стерилизации до температуры 75—80° Ц весьма полезен.

По данным Джогана¹, очень хорошо для подавления клёка задать в паточные заторы формалин.

Способ Гивартовского для биологической оценки больной патоки и для очистки ее с помощью хлорирования

Р. В. Гивартовский, работая в Центральной научно-исследовательской лаборатории бродильной промышленности, выработал метод, чтобы судить о степени зараженности больной патоки и как исправить последнюю путем хлорирования, чтобы получить нормальное брожение и нормальный выход спирта, причем избыток хлора, вредный для брожения, он предлагает нейтрализовать гипосульфитом. Для определения качества патоки ее разбавляют стерильной водой до соотношения: 1 ч. патоки : 1000 ч. воды и производят с ней два опыта.

Первый опыт. Из этого раствора берется 2 см³, который задается в 10 см³ 5%-ного раствора сахара, приготовленного на стерильной дрожжевой воде с желатиной; смесь хорошо размешивают, выливают на стерильную чашечку Петри, накрывают, заклеивают и ставят на 24 часа в термостат при 30° Ц. На желатине должны развиваться все микроорганизмы, находящиеся в патоке как в виде живых организмов, так и в виде спор.

Второй опыт. После того как задан 1 см³ пробного паточного раствора в 10 см³ 5%-ного раствора сахара и размешан, ставят сначала пробирку в баню при 25° Ц на 10 мин. и затем переносят в кипящую баню на 40 сек. При этом живые бактерии погибают, а споры выживают. Раствор выливают в чашечку Петри, заклеивают и тоже ставят в термостат при 30° Ц. Через 24 часа исследуют, какое количество колоний получено на чашечках Петри. Гивартовский устанавливает следующий масштаб.

Лучшая патока 1-го сорта дает через 24 часа на чашечке Петри от 10—90 колоний, или первоначальная патока 10—90 тыс. микроорганизмов;

¹ См. журн. «Бродильная промышленность», 1932 г., № 7.

2-й сорт патоки дает на чашечке 160—500 колоний, (или первоначальная патока 150—500 тыс. микроорганизмов;

3-й сорт патоки дает 1—3 миллиона микроорганизмов.

Вместе с тем по внешнему виду можно судить о характере бактерий, содержащихся в патоке.

Для стерилизации патоки и устранения вредного действия посторонних микроорганизмов Гивартовский предлагает хлорировать патоку, причем по его опытам патоку 1-го сорта вовсе не следует хлорировать; в патоку 2-го сорта следует задать на 1 кг патоки 0,4 г активного хлора в виде белильной извести; в патоку 3-го сорта следует дать 0,6 г хлора на 1 кг патоки.

Хлорирование ведется таким образом: патока рассиропливается водой в объеме, равном объему патоки, подкисляется серной кислотой до кислотности 0,6° Дельбрюка и подогревается до 18—20° Ц: после этого задают белильную известь в таком количестве, чтобы активного хлора приходилось в указанном выше масштабе, размешивают в течение 15 мин. и оставляют для воздействия хлора на 1 час. 45 мин.

Так как избыток хлора вреден для дрожжей и процесса брожения, то раствор деклорируют, добавляя в него гипосульфит (серноватистокислый натр— $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), причем последнего задают 10—15% теоретически необходимого количества и размешивают 15 мин. Затем в находящейся в заторном чану патоке добавляют горячей воды для рассиропки до 20—22° Бал, нагревают до 85—90° Ц (температура пара не должна быть выше 115° Ц) и поддерживают эту температуру 3 часа. После этого патока поступает для изготовления дрожжей и заторов.

При стоянии патоки в заторном чану температура патоки не должна быть ниже 70° Ц.

Пример деклорирования. Если поступило в переработку 3000 кг патоки 3-го сорта, для стерилизации которой требуется, как выше указано, 0,6 г активного хлора на 1 кг или на $3000 \times 0,6 = 1800$ г. Имеющаяся белильная известь содержит 3,8% активного хлора; белильной извести будет израсходовано

$$\frac{1800 \times 100}{33,8} = 5320 \text{ г.}$$

По теории, для связывания 100 ч. хлора требуется 87 ч. гипосульфита, а нужно брать 1/10 от этого, или 8,7 г. Следовательно на 1800 г хлора потребуются гипосульфита $8,7 \times 18 = 157$ г.

Как избежать частой порчи производства, вызываемой больной патокой

Болезни кормовой свеклосахарной патоки, поступающей для переработки на спиртовые и дрожжевые заводы, часто вызывают сильное нарушение правильности производства на этих заводах. В 1932 году дрожжевые заводы понесли крупные убытки, выразившиеся в сильном понижении выхода дрожжей и падении производительности завода, главным образом потому, что с сахарных заводов доставлялась больная зараженная всякими микробами патока. Принимая во внимание это обстоятельство, следует обязать сахарные и спиртовые заводы соблюдать следующие правила:

1) Летом, при опорожнении цистерн для патоки, производить основательную мойку и дезинфекцию их.

- 2) Следить, чтобы все цистерны для хранения патоки были накрыты.
- 3) Ополоски бочек, цистерн отнюдь не направлять в цистерны для хранения патоки.
- 4) Следить, чтобы в цистерны для хранения патоки выкачивалась патока, имеющая концентрацию не менее 41° Боме.
- 5) Обеспечить поступление патоки, имеющей концентрацию не менее 41° Боме.

Эти требования легко выполнимы; для их выполнения понадобятся весьма малые затраты, между тем при строгом соблюдении их спиртовые и дрожжевые заводы будут избавлены от больших убытков.

Количество бродильных чанов

При паточном производстве следует, также как и при хлебно-картофельном, установить такой порядок, при котором каждая из трех смен рабочих заливала бы отдельный бродильный чан, чтобы возможно было учесть работы каждой смены в отдельности и развернуть соревнование между сменами. При односуточном брожении патоки следовало бы установить 3 бродильных чана и один запасный для сгонки мойки и чистки. Чтобы удлинить срок брожения следует поставить вместо четырех чанов — пять, из которых один 12 часов занят для перегонки и чистки, а 12 час. в нем идет брожение, и потому продолжительность брожения в $4\frac{1}{2}$ чанах составит $\frac{4,5 \cdot 24}{3} = 36$ час. = $1\frac{1}{2}$ суткам.

Схема производства паточного спирта

Схема ведения паточного производства согласно вышеизложенному показана на рис. 148.

Ведение смешанного хлебно-паточного производства

В случае, если сахарный завод расположен близко от спиртового завода, ведущего хлебно-картофельное производство, последний может перейти на смешанное хлебно-паточное производство, причем обычно берут 70—80% хлебных припасов и 20—30% патоки.

Всеукраинский научно-исследовательский институт ферментативной и плодовоощной промышленности изучил вопрос, какое количество паточного затора, как и когда можно прилить к хлебному, чтобы брожение закончилось с наименьшими потерями в виде несброженного сахара.

Опыты выяснили, что можно прибавить к хлебному затору 20—35% патоки, с очень хорошим исходом брожения; но патоку следует приливать не сразу, а подмолодками, еще лучше непрерывноприточным способом.

Работу ведут следующим образом: для четырех бродильных чанов изготавливают 3 хлебно-картофельных затора, причем каждый бродильный чан заполняют только на $\frac{3}{4}$, а $\frac{1}{4}$ чана оставляют для заливки патокой. Последнюю нейтрализуют и подкисляют посредством серной кислоты так, чтобы окончательная рассиронка, поступающая в бродильный чан, имела кислотность 0,25° Дельбрюка.

Назначенное для слива в бродительный чан количество патоки (на 100 кг всех сухих припасов¹ 20—25 кг патоки) рассиропливают водой до 45° Бал, подкисляют, расхолаживают до 20—22° Ц и выкачивают в напорный чан, стоящий выше заторного чана.

Здесь патока отстаивается в течение 6—8 час., затем верхняя прозрачная часть сливается в бродительный чан, причем она рассиропливается пополам водой. Хорошо для этой цели иметь отстойник разделенным вертикальной перегородкой пополам, чтобы обе половинки были хорошо измерены; тогда сливают из обеих половин равномерно и получают рассиропку в 22,5° Бал. Накачивать с самого начала в мерник-отстойник патоку в 22° Бал, чтобы она стояла там около 10 час., не следует, так как при такой низкой концентрации патока может легко закиснуть и вызвать порчу производства.

Патоку следует приливать в чан во время главного брожения до окончания главного брожения—значит, с того момента, когда уже отбродили 0,5 ч. первоначального баллинга затора, и закончить к тому времени, когда останется в бродительном чану $\frac{1}{4}$ первоначального баллинга.

Если патока нормальная, то нарастание кислоты за время брожения не превышает 0,3° Дельбрюка, и отброд смешанного кукурузно-паточного затора равен приблизительно 1,7° вместо 0,5° Бал, как бывает в чисто кукурузных заторах.

При таком смешанном хлебно-паточном производстве выход спирта получается хороший.

При увеличении количества патоки—выше 20%, следует понизить дачу барды на голову скота.²

Особенности при перегонке паточной бражки

Особенность паточной бражки заключается в том, что она пенится и легко перебрасывается из бражной колонны в спиртовую, причем засоряются сита последней и производительность брагоперегонного аппарата падает.

Для устранения этих неудобств следует:

- 1) внимательно вести перегонку;
- 2) вынуть стакан на верхней бражной тарелке, чтобы она механически задерживала пену;
- 3) задавать небольшое количество осадка растительного масла—«фузину» в самый бражный насос.

Не следует слишком форсировать сгонки паточной бражки; производительность аппарата в декалитрах получаемого спирта-сырца при паточной бражке несколько ниже, чем при хлебно-картофельной.

Утилизация отходов [при производстве спирта из патоки]

Для удешевления себестоимости паточного спирта следует утилизировать все отходы производства, а именно: 1) углекислоту; 2) осадочные дрожжи; 3) паточную барду.

¹ Сухими припасами называют на практике сырые материалы, имеющие влажность 15—20%.

При переработке 1000 кг патоки, содержащей 45% сахара, с выходом в 60 л с 1 ч сахара, получается выход $1000 \cdot 0,45 \cdot 0,6 = 270$ л спирта, или при уд. весе спирта 0,7943 из 1000 кг патоки получают $270 \cdot 0,7943 \approx 214,5$ кг спирта. При спиртовом брожении по уравнению Гей-Люссака согласно молекулярному весу получают при 100 кг спирта 95,5 кг углекислоты, следовательно из 1000 кг патоки получают теоретически $214,5 \times 0,955 = 205$ кг углекислоты. Считая, что фактически утилизируется только 60% углекислоты, получаем, что 1 т патоки может дать 123 кг жидкой углекислоты.

Жидкая углекислота находит широкое применение как взрывчатый материал для горных работ, а также как необходимое сырье для изготовления безалкогольных напитков и для других целей.

Еще большее применение приобретает твердая углекислота, или «сухой лед», для перевозки и хранения рыбы, мяса, яиц и пр., а потому следует на всех крупных паточных заводах установить пеха для производства жидкой и твердой углекислоты, что должно значительно понизить себестоимость спирта и отчасти удовлетворить огромные потребности СССР в твердой и жидкой углекислоте.

Для добывания из углекислого газа жидкой и твердой углекислоты необходимы компрессора для давления в 70 и 150 атм., которые и подлежат установке на спиртовых заводах.

Осадочные дрожжи

Как уже было указано выше, в бродильных чанах при ведении производства спирта из патоки по окончании брожения собирается на дне осадок дрожжей. Согласно опытам Всеукраинского научно-исследовательского института ферментативной и плодоовощной промышленности¹, если установить в отверстии спускной трубы для бражки штуцер высотой в 100—150 мм и пускать для перегонки бражку выше этого штуцера, затем, выбив штуцер, собрать в отдельном чану оставшуюся ниже уровня штуцера бражку, то в последней имеется большое количество так называемых «осадочных» дрожжей. Этому осадку дают отстояться в чану высотой в 1—1½ м, верхнюю часть бражки спускают в передаточный резервуар для бражки, промывают осадок два раза водой и его утилизируют. Если полученные жидкие дрожжи пропустить через фильтр-пресс и получить обыкновенные, прессованные дрожжи, содержащие 25% сухого вещества, то таковых дрожжей можно собрать 1,2—1,6% по весу патоки, поступившей в бродильный чан, а Р. В. Гивартовский полагает, что осадочных дрожжей можно будет собрать далее до 4% по весу патоки.

Раньше эти осадочные дрожжи поступали вместе с бражкой на аппарат и затем в барду, т. е. уходили бесполезно из производства. В настоящее время 0,4—0,5 полученных осадочных дрожжей поступает для изготовления автолизата который служит в качестве азотистопитательного

¹ Проф. А. А. Фуксин и инж. В. Супруненко, Утилизация осадочных дрожжей зрелой бражки при паточном винокурении, Киев—Харьков, 1932.

вещества для дрожжей. Таким образом завод избавлен от необходимости готовить зеленый солод в качестве азотистопитательного вещества для дрожжей или покупать в качестве таковых на рынке отруби, или солодовые ростки, или пивные дрожжи.

Остальные 0,5—0,6 ч. полученных осадочных дрожжей промывают, прессуют и затем сушат для превращения их в долгосохраняемый, вполне транспортабельный товар.

Сушеные дрожжи содержат около 50% белковых веществ и представляют весьма ценный корм для птицы, свиней и пр. Сушку можно осуществить и в примитивном шкафу с перекладными полками для измельченных дрожжей, через который помощью маленького вентилятора просасывается воздух, обогреваемый посредством калорифера в темной камере. На крупных заводах нужно будет поставить более совершенные сушилки.

Паточная барда

Количество барды и химический состав ее. Если 1000 кг патоки дают 3000 л паточного сусла и перегонка производится на одноколонном брагоперегон. аппарате, который дает из 100 л бражки—115 л барды, то из 1000 кг патоки получают 3000 · $\frac{115}{100}$ = 3450 л барды; считая баллинг барды = 9° и уд. вес 1,036, имеем, что 1000 кг патоки дают 3450 · 1,036 = 3574 кг барды, или, округляя, 1 кг патоки дает 3,6 кг паточной барды. Паточная барда имеет следующий химический состав (табл. 39):

Химический состав паточной барды (в % вес).

Таблица 39

	По Штаммеру	По Фоту
Вода	90,9	92,2
Сухие вещества	9,1	7,8
Органические вещества	5,3	5,3
Зола	3,0	1,8
Азот	0,38	0,6
Калий	1,3	—

Из этой таблицы видно, что сухое вещество паточной барды содержит около 20% золы, около 10% калия и около 4% азота.

Паточная барда как корм и удобрение. Паточная барда как корм ценится не высоко, а именно в 1,6 раза ниже картофельной барды. Паточная барда имеет большое количество калия, вредно действующего на здоровье скота, что ограничивает количество барды, которое можно дать скоту без ущерба для его здоровья.

Фельц считает, что паточной барды можно дать скоту предельно в следующих количествах: дойной корове до 10 кг, рабочему волу—до 25 кг и откармливаемому волу—до 25 кг в сутки.

На практике паточную барду берут для запаривания грубых кормов: соломы, сена; при скармливании последних барда, горячая и соленая, очень полезна, так как дает возможность скармливать грубые корма весьма низкого качества.

Автор был свидетелем того, как за паточной бардой крестьяне ездили за 15 км; это показывает, что паточная барда заслуживает более высокой оценки как корма и что этот вопрос следует изучить. Пока барда используется как корм мало и большая часть ее выкачивается на поля орошения или в отстойники.

Несомненно, что как удобрение паточная барда очень ценна. Автор наблюдал, как поле с глубоким, сыпучим песком, которое в течение двух производств поливали паточной бардой, покрылось сверху коркой и после посева дало очень хороший урожай картофеля и затем ржи.

Однако использование барды в качестве удобрения ограничено, так как если из года в год поливать одно и то же поле паточной бардой, то, вследствие очень большого содержания в последней минеральных солей, трава на поле выгорает и перестает расти.

Поля орошения и тем более отстойники для паточной барды следует устраивать подальше от завода, так как аминокислоты паточной барды выделяют при разложении промежуточные продукты распада (индол, скатол и др.) с весьма неприятным запахом, которые отравляют воздух.

Способы утилизации. В настоящее время существует 4 способа утилизации паточной барды:

а) бардосжигание, при котором утилизируются только минеральные составные части барды;

б) сухая перегонка сгущенной до 75° Бал. барды для утилизации органических частей барды, с получением, кроме бардяного угля, цианистого калия и сульфат-аммония по способу Рейхарда и Вуэба;

в) способ Эфрона, по которому сгущенная барда сбрасывается бактериями из навоза или земли для получения после перегонки аммиака и затем сульфатаммония и бардяного угля;

г) изготовление из сгущенной паточной барды удобрительных туков.

Бардосжигание и состав бардяного угля. По этому способу из всех сухих веществ паточной барды утилизируют только ее золу, или минеральные соли. Для этой цели барду сгущают посредством выпаривания. Если сгустить ее до 75° Бал, т. е. до концентрации первоначальной патоки, то в ней будет содержаться столько органических веществ, что при зажигании она хорошо горит, причем 1 кг выделяет 2100—2700 ед. тепла, и температура горения достигает 1000° Ц.

Поррион первый устроил печь для сжигания барды. Печь эта состояла из двух половин: в первой половине жидкую барду в 8—9° Бал сгущали до 40° Бал, а во второй ее сжигали, для каковой цели приходилось печь подтапливать углем; расход угля (6 кг на 2 кг спирта) был большой, а потому сам процесс бардосжигания был невыгоден.

Гамер усовершенствовал печь Порриона так, что при предварительном сгущении барды в выпарных аппаратах до концентрации 70—75° Бал можно было сжигать барду, не прибегая к отапливанию печи углем, что делали только с самого начала, при разжигании печи.

Германский машиностроительный завод Гольдберг-Гримм еще более усовершенствовал эту печь (см. далее рис. 144), устроив ее так, что на ней можно сжигать барду, сгущая ее предварительно выпариванием только до концентрации 18—22° Бал. Таким образом отпадает необходимость затрачивать топливо на выпаривание барды от 20 до 70° Бал; при этом расходы на уход за печью и на процесс сжигания не больше, чем в печи Гамера.

Выпарные аппараты. Для предварительного стущения барды устанавливают выпарные аппараты, подобные применяемым на сахарных заводах для выпарки соков, выгодные по малому расходу пара и топлива. Такой трехкорпусный выпарной аппарат изображен на рис. 143, он состоит из трех цилиндров— A , A_1 и A_2 , в которых кипит выпариваемая барда. Последняя непрерывно притекает в корпус A по трубе a и после выпарки переходит по трубе b в корпус A_1 , из него переходит по трубе c_1 в третий корпус A_2 ; из последнего выпаренная барда

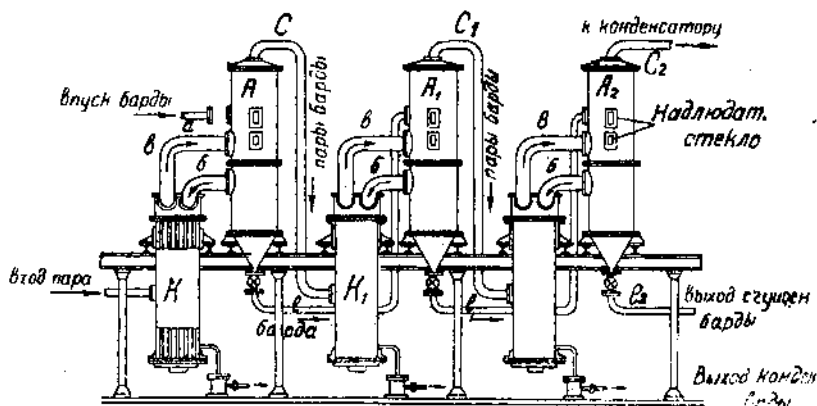


Рис. 143. Трехкорпусный выпарной аппарат для предварительного очищения барды, идущей для сжигания в печь.

концентрации около 20° Бал переходит в сборник для барды, из которого она уже поступает в печь для сжигания. Чтобы поддерживать барду во всех трех корпусах в непрерывном кипении, каждый из цилиндров A , A_1 и A_2 соединен соответственно с трубчатыми подогревателями K , K_1 и K_2 . Пар из котла входит по трубе d в подогреватель K между трубками. Вследствие сильного нагрева барды внутри трубок и большой разницы в температурах жидкости в A и K начинается течение барды из A в K ; барда по трубе b входит в K , и, нагревшись здесь паром, выходит по трубе c обратно в A . Выделившиеся в A из барды пары поступают по трубе e в подогреватель K для кипячения барды во втором корпусе A_1 , а пары, выделившиеся во втором корпусе A_1 , идут по трубе e_1 в подогреватель K_2 для кипячения барды в корпусе A_2 . Из последнего бардавые пары по трубе e_2 направляются в конденсатор, где пары от холодной воды совершенно сгущаются и отводятся посредством насоса; вследствие этого в корпусе A_2 образуется разрежение и температура кипения в нем ниже 100° Ц. Таким образом пар, вступивший в первый корпус A , утили-

лизируется два раза в корпусах A_1 и A_2 , что сильно сокращает расход пара и топлива на выпарку барды. Кроме того из корпусов A и A_1 часть бардяного пара отбирается для работы брагонерегонного и ректификационного аппаратов.

Бардосжигательная печь, по типу Гольцерн-Гримма установленная на Овечацком спиртовом заводе, Доцент А. Малченко¹ дает подробное описание оборудования для бардосжигания на Овечацком спиртовом заводе, который перерабатывает 215 ц патоки в сутки, т. е. около 10 ц в час, и получает выход бардяного угля в 60% по весу первоначальной патоки.

Для предварительного сгущения барды до вступления ее в печь установлен выпарной аппарат в два корпуса, каждый из которых имеет поверхность нагрева в 55 м². В первом корпусе барда сгущается от 8—9 до 12,5° Бал, а во втором—до концентрации 18—21° Бал.

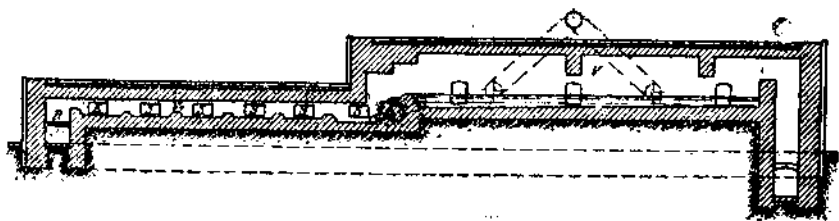


Рис. 144. Печь Гольцерн-Гримма для сжигания варочной барды.

Сгущенная барда поступает в особые напорные деревянные чаны, из которых затем переходит в испарительную часть печи V . Последняя имеет два вала с мешалками, приводимыми в движение от трансмиссии со скоростью 200 об/мин. и три арки (на рисунке показаны только две), пересекающие печь поперек и способствующие лучшему перемешиванию разбрызгиваемой барды с отходящими от сжигания барды горячими газами; при этом происходит деятельное испарение воды и сильное сгущение барды. В испарительном отделении печи барда сгущается до концентрации 52—56° Бал и в месте Z по трубе переливается в левое отделение печи V_1 , где сначала сгущается до концентрации 60—65° Бал, а затем сжигается. Сжигательная половина печи V_1 разделена поперечными порогами на шесть отдельных сковород. Через шуровальные отверстия S масса перебрасывается через порог, покрытый чугунным защитным листом, от одного отделения в следующее, левое отделение. На первой сковороде, слева от порога Z , барда подсушивается, покрывается коркой и загорается. Помощью кочерги рабочий передвигает ее на вторую сковороду, где горение усиливается; наиболее энергичное сжигание происходит на третьей и четвертой сковородах, на пятой сковороде горение слабеет; при перемещении на шестую сковороду масса похожа на расплавленный шлак; затем она в месте E выбрасывается в подставленный железный вагончик. Над сковородами помещены два свода из огнеупорного кирпича, между которыми образуется воздушный канал, разделенный многими поперечными перегородками; эти последние образуют зиг-

¹ См. журн. «Бродильная промышленность», 1932 г., № 7 и 8.

зигаобразный ход. Через зигаобразный ход, помощью небольшого вентилятора, просасывается воздух, который от раскаленной арки сильно нагревается и через отверстия в своде и в передней стенке печи проходит внутрь ее и способствует быстрому и более совершенному сгоранию барды.

Выгруженный раскаленный зольный остаток барды помещается в кирпичных сараях с кирпичным полом кучами в 50 ч каждая, в которых он лежит около 15 суток, причем в течение этого времени окончательно догорают все органические вещества и сера.

При сжигании барды выделяются, в особенности при слабом горении и недостаточной температуре в печи, продукты перегонки барды весьма неприятного запаха, отравляющие воздух вокруг завода. Чтобы избежать перегонки барды, чтобы в печи шло нормальное сжигание, необходимо поддерживать в разных местах печи определенную концентрацию проходящей через печь барды.

При самом вступлении в испарительную печь барда должна иметь концентрацию в пределах $17,5-21^{\circ}$ Бал. При концентрации ниже $17,5^{\circ}$ Бал будет идти перегонка и выделение зловонных газов; при концентрации же выше 21° Бал. сильно увеличится расход пара и топлива в выпарных аппаратах. В центре испарительной печи должна поддерживаться концентрация в пределах $43-48^{\circ}$ Бал; концентрация барды в этом месте только $37-40^{\circ}$ Бал служит показателем того, что огонь слишком слаб и что необходимо повысить концентрацию барды, выпускаемой из выпарных аппаратов; наоборот, концентрация барды в центре испарительной печи в $55-58^{\circ}$ Бал показывает, что горение идет в печи слишком интенсивно. В самом конце испарительной печи, в месте Z должна быть концентрация сгущенной барды в $55-60^{\circ}$ Бал. Концентрация в этом месте $52-53^{\circ}$ Бал сигнализирует о слабом, недостаточно энергичном горении, а концентрация барды на месте Z в $60-65^{\circ}$ Бал является показателем слишком энергичного сжигания.

При растопке печи заливают в испарительную печь барду, сгущенную, как выше указано, до $18-19^{\circ}$ Бал и для доведения свода сжигательной печи до раскаленного состояния разводят огонь на колосниковой решетке R, находящейся у самого конца сжигательной печи. Когда барда начнет гореть и сжигательная печь V_1 начнет правильно функционировать, прекращают топку, и печь дальше работает посредством тепла, выделяемого при сжигании самой барды. На растопку расходуется 25 ч дров и 20 ч каменного угля.

Для обслуживания печи необходимо иметь на каждой смене 9 рабочих.

Во время работы печи нередко бывают внутри ее взрывы, иногда опасные. Причины взрывов следующие.

- 1) Внезапное, слишком сильное парообразование, которое происходит вследствие того, что в месте Z поступает из испарительной печи сгущенная барда на первые две пустые, оголенные и раскаленные сковородки сжигательной печи.

Ясно, что не следует допускать оголения сковородок и перед заливом барды на сковородки нужно хорошо размешать массу (по крайней мере на двух сковородках).

2) При недостаточном размещивании массы на сковородках образуется на поверхности корка, которая через некоторое время под давлением газов внезапно прорывается с выделением большого количества газов.

Очевидно, что для избежания такого взрыва, от которого могут пострадать печь и люди, следует регулярно производить шуровку массы на сковородах.

3) На арке сжигательной печи отлагаются частицы угля в виде мелкой пыли, которую следует почаще сбивать, не давая ей собираться в больших количествах.

Пыль, накопившись, внезапно загорается, причем образуются газы огромного объема, что и вызывает взрыв.

Из вышеизложенного следует, что при ведении работы на бардосжигательной печи необходимо установить строгий порядок и регулярность в работе по часам, почаще контролируя работу выпарки и самой печи.

Во избежание несчастных случаев при взрывах в печи следует поставить над местом Z и над первыми тремя сковородками песочные клапаны, которые будут играть роль предохранительного клапана.

Получаемый так называемый бардяной уголь имеет следующий химический состав (табл. 40):

Таблица 40

Химический состав бардяного угля

	По Фоту	Калининский завод	Овечакский завод
Вода	3—7,5	2,9—8,5	2,5
Нерастворимые органические вещества . .	18	24—28	6,3
Остаток (неорганический)	—	—	13,6 } 19,9
Углекислый калий	35—59	41—44,7	53
Хлористый >	15—20	2,5—2,6	3,1
Сернистый >	3,7	3,6—15,8	13,3
Сернистый >	0,5	—	0,45
Углекислый натрий	15—30	6,4—15	1,8
Сернистый >	—	4,4	—
Сернистый кальций	—	—	—
Фосфорнокислый калий	—	0,3—0,9	0,3

Из данных анализа видно, что на Калининском заводе бардяной уголь недостаточно хорошо обжигается; количество остатка в виде нерастворимых органических веществ составляет там в среднем 25—26%, между тем как на других заводах этот остаток меньше 20%; точно так же количество самой ценной части бардяного угля—углекислого калия—в бардяном угле Калининского завода (44%) значительно меньше, чем в угле Овечакского завода (53%).

Бардяной уголь как удобрение не нашел широкого распространения, но из него можно получить целый ряд ценных химических соединений. Так Лабинский химический завод получал из 1 000 ч бардяного угля следующие соли (табл. 41):

Соли, полученные из 1000 ц бардяного угля на Лабинском химическом заводе

С о л и	Колич. в ц	% по весу патоки
Сернокислый калий	120	0,83
Хлористый »	50	0,38
Углекислый »	400	2,88
» натрий	100	0,7

Процент по весу патоки вычислен при условии, что весь выход бардяного угля составляет 70% по весу патоки.

Несмотря на то, что заводов, перерабатывающих патоку, имеется в СССР более 20, бардосжигательные печи имеются только на трех спиртовых заводах: Калининском, Овечацком и Весело-Лопанском. Объясняется это следующими причинами.

На малых заводах, перерабатывающих менее 330 ц патоки за сутки, получение бардяного угля невыгодно. Так, по расчету доцента Малченко¹, на каждом центнере бардяного угля Овечацкий спиртовой завод несет убытка 1,44 руб., а Калининский имеет 2,04 руб. прибыли.

Необходимо устанавливать на заводе двух- или трехкорпусную выпарку. Так как кислая барда быстро разъедает железные выпарные аппараты, то обычно делали медные выпарные аппараты, что в настоящее время, в виду дефицитности меди, затруднительно.

Инженер Бернштейн, работая во Всеукраинском научно-исследовательском институте ферментативной и плодоовощной промышленности над вопросом замены меди, показал, что если барду нейтрализовать бардяным углем, то можно пользоваться чугунными выпарными аппаратами, которые нейтрализованная барда разъедает очень мало.

Сухая перегонка паточной барды по способу Рейхарда и Бузба. Способ бардосжигания, даже при очень хорошей работе печи, все же является несовершенным, так как при этом совсем не утилизируется такая ценная часть барды как азот. Рейхард и Бузб ввели способ, при котором утилизируются не только минерально-зольные части барды, но и около 60—65% всего азота, содержащегося в паточной барде.

Способ их заключается в том, что барда в выпарных аппаратах сгущается до концентрации в 75° Бал, затем загружается в реторты из огнеупорного материала порциями приблизительно в 160 кг. Реторты обогреваются газами температурой в 700—800° Ц. Когда барда хорошо согрелась, начинают из нее выделяться газы—продукты разложения органических азотистых веществ, которые содержат аммиак, метиламин, триметиламин, метан, другие углеводороды, водород, азот, окись углерода, водяные пары, но циана не содержат. Газы отводят в сборник большого объема, находящийся над печью, для того, чтобы в нем осели смолы и другие

¹ См. журн. «Бродильная промышленность», 1932 г., № 7 и 8.

твердые вещества, механически увлекаемые газами. Затем газы направляют в раскаленную башню (рис. 145), в которой поддерживают температуру 600—1000° Ц; при такой высокой температуре амины разлагаются с образованием цианистого водорода и аммиака. По Осту образовавшиеся в раскаленной печи газы имеют, по выходе из нее, следующий состав:

Синильная кислота	7%	Углекислый газ	24%
Аммиак	7%	Оксись углерода	18%
Водород	12%	Тяжелые углеводороды	8%
Азот	24%		

Для нагрева перегревателя для газов, выделяющихся из реторт, до температуры 1000—1100° Ц, употребляют водяной газ, который готовят, пропуская в печь с раскаленным углем водяные пары; тогда при разложении воды образуется водяной газ, содержащий около 35% окиси углерода и 53% водорода. При зажигании водяной газ горит при температуре выше 1000—1100° Ц.

Водяной газ из генератора *A* входит в канал *B*, из него в канал *C*, проходит через башню из огнеупорного кирпича, горит в ней при температуре 1000—1100° Ц, причем кирпич раскаляется сам до этой температуры, и затем по каналу *D* уходит в дымовую трубу. Когда огнеупорный кирпич башни разогрелся до 1100° Ц, закрывают выпуск водяного газа из *A* и открывают отверстие *F* для входа газа из сборника над печью. Газ, содержащий амины, идет путем, обратным тому, по которому шел водяной газ, а именно: вниз по каналу *D*, из него вверх через раскаленную башню с кирпичом в канал *C* и *B* и выходит через отверстие *G*.

При высокой температуре амины разлагаются, как указано выше, с образованием синильной кислоты и аммиака; разложение прекращается при понижении температуры ниже 600° Ц. Поэтому имеются две башни: в одной идет процесс разложения аминов с образованием цианистой кислоты, а в другой—сжигание водяного газа для нагрева башни до температуры 1000—1100° Ц.

Полученный газ пропускают через каменные фильтры и холодильники для отделения жидких продуктов перегонки. Затем пропускают его через 20%-ный раствор серной кислоты, поглощающий весь аммиак, из которого получается сернокислый аммоний, имеющий большое применение в технике и как удобрение. Для выделения синильной кислоты раньше газы направляли снизу вверх в колонну с тарелками, по которым сверху вниз протекал спирт; полученный спиртовой раствор перегоняли, и вы-

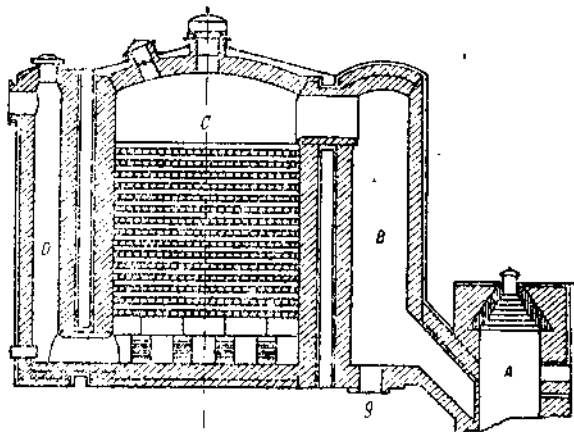


Рис. 145. Перегреватель для газов, выделяющихся при перегонке барды.

деляющийся цианистый водород пропускали через спиртовой раствор едкого кали; так как в последнем образовавшийся цианистый калий нерастворим, то он выпадал в виде белого осадка.

Буэб усовершенствовал этот способ, направляя газы после выделения аммиака и образования сернокислого аммония в концентрированный раствор едкого калия. Полученный раствор цианистого калия он сгущает выпариванием, и выпавший белый осадок сплавляет при накаливании в тигле.

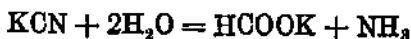
Таким образом по способу Рейхард-Буэба возможно получить 25% всего азота первоначальной патоки в виде сернокислого аммония и около 35% азота в виде цианистого кали, который поступает для добывания золота, для получения желтой и красной кровяной соли, берлинской лазури и пр.

Оставшиеся после выделения аммиака и синильной кислоты газы, содержащие больше 35% азота, окись углерода, водород и другие горючие газы направляются вместе с генераторным водяным газом для отопления реторт и перегревателей.

Во избежание отравления людей синильной кислотой необходимо поддерживать в печи давление ниже атмосферного, чтобы через щели происходило всасывание воздуха, но никак не выделение из печи ядовитой синильной кислоты.

Для контроля качества воздуха вывешивают во многих местах завода ленты из фильтровальной бумаги, смоченной раствором пикриновой кислоты в соде; в присутствии синильной кислоты эти бумажки краснеют. Ядовитое действие синильной кислоты проявляется только, когда в 1 м³ воздуха содержится ее 550 мг.

Полученный цианистый кали необходимо хорошо обезводить и хранить так, чтобы он не мог поглощать воду, так как тогда он разлагается по реакции:



с образованием муравьинокислого калия и аммиака.

После перегонки барды в ретортах остается бардяной уголь. Таким образом способ Рейхарда и Буэба дает возможность получить из барды, кроме бардяного угля, еще весьма ценные продукты, а потому на всех крупных заводах, ведущих производство из патоки, следует перейти на утилизацию барды по этому способу.

Доцент Малченко сообщает, что вновь построенный Лохвицкий спиртовой завод, перерабатывающий за 300 дней 360 000 ч патоки, утилизируя патоку по способу Рейхарда и Буэба, может получить за год следующие продукты: цианистый кали—9 000 ч; сульфат-аммония—6 370 ч; бардяной уголь—25 200 ч.

Из последнего могут быть получены: сернокислый калий—3 024 ч; хлористый калий—1 200 ч; углекислый натр—2 520 ч; углекислый калий—10 080 ч; всего химических продуктов—32 194 ч, или 9% по весу патоки.

Цифры говорят о том, что утилизацию паточной барды должно сделать обязательной для всех крупных заводов.

Способ Эфрона. По способу Эфрона барду нейтрализуют либо известью, либо содой, затем задают бактерии, взятые из навоза или из земли,

и ведут процесс брожения при температуре 40—45° Ц в течение 3-4 дней. При этом азотистые вещества паточной барды разлагаются с образованием аммиака. Подвергая после брожения массу перегонке, получают аммиак, который при пропуске через раствор серной кислоты образует сернокислый аммоний. По данным Эфрона, получают на 100 л спирта около 30 кг сернокислого аммония. Оставшуюся после перегонки аммиака барду сжигают в печах Гольцера-Грима для получения бардяного угля.

Изготовление из сгущенной паточной барды удобрительных туков. Туки Венке и Штольценберга. Чтобы утилизировать всю массу барды наиболее дешевым путем, были предложены методы изготовления из барды туков для удобрения почвы.

Широкую известность получил удобрительный туки Венке, который готовили следующим образом. Барду выпаривали до концентрации 74° Бал и к 100 кг ее добавляли 15 кг мела и 20 кг серной кислоты в 60° Боме, тщательно размешивали и высушивали до влажности 3—5%, после чего получали 100 кг тука.

Однако это удобрение не получило широкого распространения, так как при хранении оно, вследствие гигроскопичности, притягивало влагу и теряло свою сыпучесть.

Штольценберг предложил прибавлять к сгущенной до 71—73° Бал барде суперфосфат; на 2,5 ч. сгущенной барды берут 2 ч. суперфосфата и долго тщательно размешивают; при этом бетаин барды, служащий причиной гигроскопичности бардяного тука, образует соединение—кислый фосфорнокислый бетаин, причем теряет гигроскопичность.

Нагревая смесь в ретортах, возможно выделить из нее, как побочный продукт летучие органические кислоты.

Густая смесь после реакции выдавливается из мешалки помощью компрессора и поступает на пустотелые вальцы, обогреваемые изнутри паром давлением в 5 атм. Сухая стружка из вальцев поступает дальше на мельницу для размолв в порошок, причем получают туки, равный по весу 40% первоначальной патоки.

По Фоту, туки Штольценберга содержит 2,25% азота, 6,33% калия и 11,53% фосфорной кислоты, растворимой в лимонной кислоте.

Исследования Центрального научно-исследовательского института сахарной промышленности (ЦИНС) показали, что азот тука Штольценберга хорошо усваивается растениями и что он вполне пригоден как удобрение.

Гуанол Вилькенинга. Вилькенинг утилизирует паточную барду, смешивая ее с молотым торфом и приводя ее в брожение помощью бактерий из навоза. Брожение длится около 30 сут., причем часть азота переходит в аммиак и получается удобрение, которое по качеству стоит выше, чем сернокислый аммоний, но ниже, чем чилийская селитра. Это удобрение он назвал «гуанол». Готовится он следующим образом. Торф, размолотый в порошок, смешивают помощью механической мешалки с бардой концентрацией в 10° Бал, так, чтобы получить массу, содержащую 25% сухих веществ и 75% воды. Затем в эту торфяную массу задают культуру бактерий, полученную из конского навоза; позже, когда производство в ходу, задают стекающую из поливаемых куч паточную барду, содержащую эти бактерии.

Приготовленную торфяную массу перевозят под навес и складывают в грядку шириной в 3,5 м и высотой 1,25 м и дают ей лежать 4—5 сут. После этого кучу хорошо смешивают с $\frac{1}{3}$ другой, уже созревшей кучи гуанола, утрамбовывают и делают в середине корытообразное углубление. В последнее в течение 25 сут. два раза в день паливают барду, концентрации 20° Бал; первые дни, когда брожение еще слабое и температура в грядке низкая, паливают барды немного; позже, при более высокой температуре, когда вместе с тем идет более высокое испарение, увеличивают залив барды.

Барда в 10° Бал, стекающая у самого основания грядки, возвращается обратно или поступает для поливки свежих грядок.

Брожение навозных бактерий идет с выделением тепла, и температура в грядке мало по малу поднимается и достигает 40—50° Ц, когда же куча созреет, температура в ней падает. При брожении, которое длится 25 сут., слышен запах аммиака. Это доказывает, что часть азота в виде аммиака теряется еще во время брожения, а часть его теряется при высушивании, которое производится на воздухе.

Вилькенинг полагает, что хорошее действие гуанола в качестве удобрения объясняется тем, что гуанол содержит навозные бактерии, способствующие лучшему усвоению растением солей почвы.

Из 1000 кг патоки получают 700 кг гуанола. Для ежедневного производства такого количества гуанола требуются навесы с площадью в 140 м² для гуанольных гряд и кроме того 35 м² для других помещений.

Завод, перерабатывающий в сутки 50 т патоки, должен иметь навесы с площадью в 7 000 м² и другие помещения с площадью в 1 700 м².

Для паточных спиртовых заводов средней величины этот способ утилизации барды является более подходящим, чем бардосжигание.

ПРОБЛЕМЫ, СТОЯЩИЕ ПЕРЕД СПИРТОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА ИЗ ПАТОКИ

1. Ячмень как корм в 1,5 раза более ценен, чем кормовая свеклосахарная патока, а выход спирта из 1 т патоки и ячменя почти одинаковый. Поэтому для народного хозяйства СССР выгоднее расходовать патоку не как корм, а исключительно как сырье для нужд заводов спиртовых, дрожжевых, производящих молочную кислоту и пр.

2. Так как больная, зараженная патока часто понижает выход продукции и производительность завода на 5—10%, а болезнь патоки вызывается большей частью небрежным отношением к хранению ее, то в интересах народного хозяйства следует обязать:

а) сахарные, спиртовые, дрожжевые заводы при каждом опорожнении цистерны для хранения патоки и не менее одного раза в год производить основательную мойку, чистку и дезинфекцию самой цистерны для патоки и трубопроводов к ней;

б) следить, чтобы все цистерны для хранения патоки были накрыты;

в) сахарные заводы должны отпускать патоку с концентрацией не ниже 41° Боме; жидкие ополоски, помой не должны поступать в большую цистерну как на сахарных, так и на спиртовых заводах; для них должен быть отдельный чан, и они должны немедленно поступать на переработку.

3. Все спиртовые заводы, перерабатывающие патоку на спирт, должны перейти на залив бродильных чанов по непрерывно приточному способу, что увеличит производительность завода на 10—12⁰/₀.

4. На всех крупных и средних спиртовых заводах следует сделать установки для получения маточных дрожжей чистой культуры и вместо маленьких дрожжанок установить дрожжанки крупной емкости (в 50⁰/₀ от емкости бродильного чана).

5. Лаборатория на заводе должна поддерживать самую тесную связь с техноруком. При каждой перемене сорта патоки лаборатория должна выяснить и дать техноруку указание, по какому способу вести переработку для достижения наилучших выходов спирта.

Кроме того следует наметить, на каких спиртовых заводах будут произведены в ближайшие годы установки для утилизации углекислоты в жидком и твердом виде.

Все паточные спиртовые заводы должны обязательно утилизировать свои осадочные дрожжи как азотистое питание для заводских дрожжей и как очень ценный корм.

Крупные спиртовые заводы должны перейти на утилизацию барды по способу Рейхарда и Буэба, как наиболее выгодному.

Для выяснения выгоды утилизации барды в виде удобрительных туков необходимо на двух-трех средней величины паточных заводах немедленно организовать производство туков по способам Вилькина и Штольценберга.

ВОПРОСЫ

1. Чем отличается способ ведения производства с плесенью «амиломисес» от обычного способа? В чем состоит способ двойного распаривания зерна и в чем его преимущество? Как долго длится осахаривание затора? Как долго длится процесс брожения? Почему должна все время работать мешалка? Как велик выход спирта по этому способу? Сколько бродильных чанов необходимо иметь на заводе при ведении работы по способу «Амило»?

2. В чем сущность способа ведения производства по Ферлиндену? Почему Ферлинден достигает лучшего осахаривания затора при малом количестве солода? Как он получает стерильное брожение без дрожжей чистой культуры? Почему выход спирта по этому способу выше, чем по обычному способу ведения производства? Можно ли заменить формалин другим антисептиком?

3. Как вести переработку на спирт бобовых материалов, сорго, зеленого крахмала, бататов? Можно ли получить спирт из печей для хлебопечения? Какие существуют для этого способы?

4. Почему трудно вести переработку на спирт диких каштанов? Какой наиболее выгодный способ переработки диких каштанов; жолудей?

5. Какие три способа переработки цикория и топинамбура Вы знаете? Почему способ Рюдигера не нашел широкого распространения? Как по способу диффузии получают из инулина сахарный сок? Какой наилучший способ варки цикория и топинамбура в вапарниках Генце? Какие дрожжи нужно готовить для сбраживания заторов из цикория и топинамбура? Как велик выход спирта из 1 ц этих материалов?

6. Какие методы переработки свеклы на спирт Вы знаете? В чем состоит способ Дюжардена? Сколько прессов необходимо иметь на заводе? В чем сущность процесса диффузии? Какое устройство диффузионной батареи обычного типа и по способу Гильома, Эгро и Гравже? Как вести диффузию на той и другой батарее? В чем сущность непрерывного брожения диффузионных соков свеклы? Почему нельзя вести такое же непрерывное брожение при обычном ведении производства из хлебно-картофельных материалов? Какое побочное брожение в свекловичных соках Вы знаете?

Какие способы ведения варки свеклы в запарниках Генце Вы знаете? Зачем задают в свекловичный затвор зеленый солод? Как готовить дрожжи для свекловичных затворов? Какой выход спирта из 1 ц свеклы: сахарной, кормовой, брюквы? Утилизируются ли отходы свекловичного производства?

7. Сколько процентов сахара содержится приблизительно в свежих фруктах? Какова кислотность в градусах Дельбрюка в соке фруктов и ягод? Как устроена мельница Грейфа для фруктов? Как перерабатывать сушеные фрукты? Как велик выход спирта из 100 кг сушеных фруктов? Что такое коньяк?

8. Какой химический состав свеклосахарной кормовой патоки? Как велик коэффициент доброкачественности в паточных и хлебно-картофельных затворах? Одинаковое ли количество дрожжей задают в бродительный чан при паточном и хлебно-картофельном производстве? Одинаков ли способ задачи дрожжей? Почему при оценке патоки требуют, чтобы она имела концентрацию не ниже 40° Бал, чтобы она содержала инвертного сахара не более 0,25 % и чтобы она не была кислой? Как производится транспортировка патоки на завод и внутри завода?

9. Отстойники или напорные чаны и рассиропники для патоки, их устройство и назначение? Каков объем дрожжей для паточных затворов? Когда следует устанавливать промежуточные чаны для дрожжей и какой должен быть их объем? Можно ли вести производство без промежуточных чанов? Какие питательные вещества и в каком количестве следует задавать в дрожжевой затвор? Как приготовить автолизат дрожжей и раствор суперфосфата? Как рассчитать количество серной кислоты для нейтрализации и подкисления затвора? Как велик расход кислоты для производства на каждые 1000 кг патоки?

10. Как ведется молочнокислое закисание патоки? Как велика кислотность в дрожжах при сернокислых и молочнокислых дрожжах? Как вести непрерывное молочнокислое закисание по способу Гладкого? Как велик расход сахара на образование молочной кислоты? Выгодно ли вести молочнокислое закисание патоки?

11. Какой концентрации готовят паточные дрожжи? Какой должен быть нормальный отброд в дрожжах? Какая концентрация дрожжей в промежуточных чанах? Как вести залив бродительных чанов по способу подмолодок и по непрерывно-приточному способу? В чем сущность способа ведения брожения в бродительных чанах Щепкина и Васильева?

12. Какие Вы знаете случаи ненормального брожения? Как сделать пробное брожение, чтобы выяснить, по какому способу наиболее выгодно вести переработку патоки? В чем проявляется действие лейкостока? В чем заключается способ Гивартовского биологической оценки патоки? Какой способ предложил он для успешного сбраживания больной патоки?

13. Как и в каком количестве углекислота утилизируется углекислота в паточном производстве? Какое применение имеет жидкая углекислота и сухой лед? Как утилизировать осадочные дрожжи? В каком количестве в процентах по весу патоки можно их получать?

14. Какое количество паточной барды получается в зависимости от системы брагоперегонного аппарата? Годится ли паточная барда как корм и удобрение? Для чего сгущают барду в выпарных аппаратах? Как устроены выпарные аппараты? Почему на них невелик расход пара? Как устроена бардоскигательная печь Овечацкого завода? Как вести работу на ней? Как предупредить взрывы в печи?

15. В чем состоит метод утилизации барды по способу Рейхарда и Буэба? Что такое водяной газ? Как получить из барды синильную кислоту? Какие именно продукты получаются из паточной барды по способу Рейхарда и Буэба?

В чем заключается способ утилизации паточной барды по Фрону? Как изготавливаются удобрительные туки Венке и Штолценберга? Пригодны ли они как удобрение? Как изготавливается гуанол Вилькенинга? Чем объясняются его хорошие качества для удобрения почвы?

ГЛАВА XV

Производство спирта из сульфитных щелоков

РАЗМЕРЫ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА ИЗ СУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ

Наши спиртовые заводы расходуют на добывание спирта слишком много зернового хлеба. Необходимо самым срочным образом перейти на малоценное сырье. Таковыми могут быть сульфитные щелоки — отходы заводов, вырабатывающих целлюлозу из дерева, которая идет для изготовления газетной и писчей бумаги.

Для получения целлюлозы из дерева последнее измельчают и варят в железных котлах (выложенных внутри кислотоупорным кирпичом) в водном растворе кислого сернистокислого кальция, через который продувают и газообразную сернистую кислоту (SO_2). Варка глухим паром со змеевиками длится 15—20 часов при температуре 135°C , а длительность варки острым паром через барбатор составляет 10—12 час. при температуре 145°C . При такой продолжительной варке с сернистой кислотой (1% связанной и 2,5—3% свободной) под высоким давлением только целлюлоза остается нерастворенной; все остальные части дерева: гемицеллюлозы, пентозаны, лигнин, смола, минеральные вещества и пр., растворяются и образуют раствор, который на практике и называют «сульфитные щелока».

Из 1000 кг получаемой целлюлозы добывается около 8 м^3 сульфитных щелоков. Последние имеют концентрацию в $11\text{—}14^\circ \text{Бал}$, причем сухое вещество их содержит 85% органических веществ и 15% — неорганических. Среди последних имеется большое количество кислот: серной, сернистой связанной и сернистой свободной. Поэтому, когда эти щелока спускают в реки и озера, они отравляют их, делают воду негодной для питья; рыба в такой воде гибнет. При утилизации сульфитных щелоков для добывания спирта все вредные для рек и озер кислоты щелоков нейтрализуются, и вместе с тем из этих щелоков возможно на каждые 1000 кг получаемой целлюлозы добыть 40 л абсолютного спирта, исходя из выхода 10 л спирта с 1 м^3 щелока.

Этим объясняется тот факт, что в Швеции действуют 21 спиртовый завод, добывающие ежегодно 1,5 млн. дм^3 спирта из сульфитных щелоков; в Германии также действуют около 10 заводов с производительностью 2,5 млн. дм^3 спирта. У нас в СССР начал в этом году действовать первый спиртовый завод для переработки сульфитных щелоков при Сясьском целлюлозно-бумажном комбинате имени Сталина, находящемся на Ла-

дожемском озере в 140 км от Ленинграда. Производительность этого завода — 280 тысяч *дм* спирта в год, крепостью в 96°, при суточной переработке 1200 м³ щелока. В течение второй пятилетки проектируется постройка целого ряда целлюлозных заводов с увеличением производства спирта из сульфитных щелоков до 1,5 млн. *дм* в год, что даст возможность ежегодно собрать 50 тыс. *т* зерна.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ

По Фоту 100 кг сухого вещества древесины дают при разваривании в сульфитном растворе следующие составные части (табл. 42):

Таблица 42

Составные части, получающиеся при разваривании 100 кг сухого вещества древесины (в кг)

Составные части	Общее содержание	Твердые продукты	Растворимые составные части	Остатки и потери в виде газов
1. Целлюлоза, включая гемицеллюлозы . .	60,0	—	—	—
Отсюда получают:				
а) сульфитная целлюлоза	—	49,0	—	—
б) сахар, способный к брожению	—	—	6,6	—
в) неразварившийся остаток	—	—	—	2,0
г) потери в виде газов	—	—	—	2,4
2. Пентозаны	3,8	—	3,8	—
3. Лигнин	34,2	—	—	—
Из них:				
а) попадает в щелок	—	—	29,2	—
б) теряется в виде газов	—	—	—	5,0
4. Смоли и жиры	2,0	—	2,0	—
Итого	100,0	49,0	41,6	9,4

Как указано выше, щелок имеет концентрацию 12—14° Бал; при анализе посредством фелинговой жидкости определяется содержание около 2,5% сахаров, но из них сбраживают только 70%, — остальные принадлежат к пентозам. Какие именно углеводы имеются в щелоке, еще окончательно не выяснено. Классен считает, что сульфитные щелока содержат виноградный сахар и небольшое количество маннозы и галактозы. Щелока содержат в 1 л: серной кислоты 3,43 г, сернистой кислоты связанной 5,8 г и свободной 2,5 г.

Кроме того они содержат уксусную кислоту, муравьиную кислоту. Все эти кислоты являются сильными антисептиками, которые подавляют не только посторонние микроорганизмы, но и работу дрожжей.

Поэтому, чтобы сделать щелок пригодным для брожения, необходимо удалить свободную сернистую кислоту и нейтрализовать избыток кислоты.

Затем щелока совсем не имеют азотистопитательных веществ; в качестве таковых необходимо задать либо автолизат дрожжей, либо серно-кислый аммоний.

Кроме того щелока совсем не содержат фосфора и очень мало калия, и потому для энергичного сбраживания необходимо задать суперфосфат и калийные соли.

ВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

Переработка сульфитных щелоков, в согласии с химическим составом их, состоит из следующих операций:

- 1) выдувание сульфитных щелоков и утилизация избытка сернистой кислоты;
- 2) нейтрализация избытка кислот в щелоках;
- 3) отстаивание нейтрализованных щелоков;
- 4) сбраживание их;
- 5) проветривание и охлаждение щелоков;
- 6) добавление азотистопитательных и минеральных веществ.

Выдувание сульфитных щелоков

Из котлов, в которых дерево варится в сернистой кислоте под высоким давлением, жидкость, отделяемая при выходе от древесины ситом, выдувается под давлением пара в большой сборник А, называемый «танком» (см. на рис. 146)¹. Щелок поступает в танк. Выделяющийся при выдувании сернистый газ направляется по трубе снизу в башню (на рисунке не показанную), в которой и поднимается зигзагом вверх навстречу воде, стекающей сверху вниз по наклонным полкам. Вода поглощает сернистый газ, образуя сернистую кислоту, которая снова поступает в производство. Обычно устанавливают два танка, емкостью каждый в $\frac{1}{4}$ суточной переработки и на Сясьском заводе имеются два танка вместимостью каждый по 300 м³.

Нейтрализация избытка кислоты

Из танка щелок помощью насоса и перекачивают в нейтрализационную башню Б с коническим дном для нейтрализации избытка кислоты. Чаны изготовляют в нижней и средней частях из железа, обложенного внутри кислотоупорным материалом; верхний конус и отводящую паровую трубу изготовляют из дерева и тоже покрывают изнутри кислотостойким материалом.

¹ Рисунок и часть данных заимствую у В. Мунтяна, см. журн. «Бродильная промышленность», 1931 г., № 3—4.

Как в танк *А*, так и в башню *Б* щелок поступает по кольцевой трубе с мелкими отверстиями, обращенными вниз, чтобы ослабить удар падающей вниз жидкости. Башню *Б* делают большой емкости. При переработке на Ойяском спиртовом заводе 1200 м³ щелока в сутки, башня эта имеет емкость в 200 м³. Наполняется она щелоком только на $\frac{2}{3}$ своей высоты из опасения, чтобы не потерять часть щелока, так как при нейтрализации щелока сильно пенятся, увеличиваясь в объеме.

Для нейтрализации задают в башню одновременно с накачиванием в нее щелока известковое молоко в 8° Боме и несколько позже—углекислый кальций, причем известь и мел задают в пропорции 1 : 3. Расход

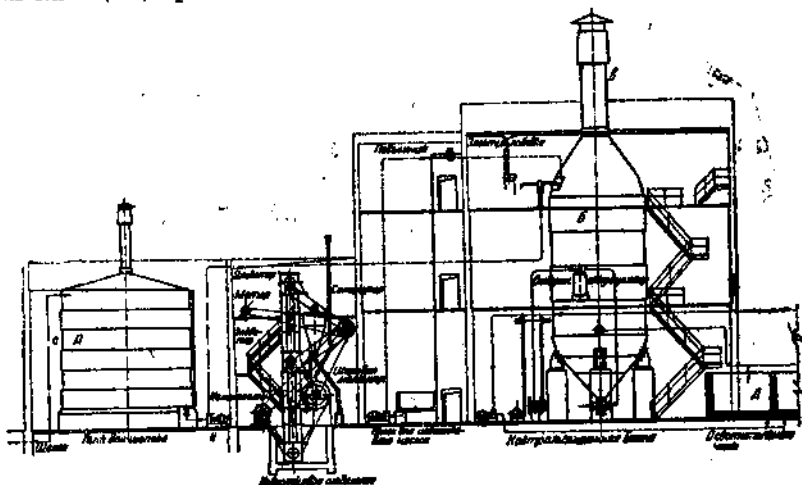


Рис. 146. Технологическая схема производства спирта из сульфитных щелоков. Установка для приема и нейтрализации сульфитных щелоков, выдуваемых из варочных котлов: *А*—«танк» (сборник для щелока), *Б*—нейтрализационная башня.

известии (СаО) и мела на 1 м³ щелока составляет 1 кг извести и 2,5 кг химически чистого углекислого кальция.

Для правильной нейтрализации весьма важно, чтобы известь и мел были очень тонко измельчены. Их пропускают через сито, имеющее 1100—1200 отверстий в 1 см²; остаток на сите, не просеянный, возвращают обратно на мельницу. При нейтрализации щелока одним мелом получаемая бражка, даже в том случае, если щелок после отстаивания был совершенно прозрачен, дает на тарелках брагоперегонного аппарата осадок гипса, и аппарат скоро становится негодным к работе.

При нейтрализации щелока одной известью разрушается часть сахаров и выход спирта понижается; поэтому нейтрализацию делают смесью в вышеуказанной пропорции.

В первый раз задают мел и известь на 25% больше теоретически нужного для нейтрализации, а потом задача их должна производиться со-

гласно расчету, причем щелок после нейтрализации не должен быть ни нейтральным, ни щелочным, а иметь слабую кислотность в $1-0,6$ Дельбрюка, или $pH \approx 6$.

Чтобы нейтрализация прошла хорошо в смысле быстроты и наименьшей траты материала, начинают сейчас же после задачи извести и мела продувать с низу нейтрализационной башни воздух (в течение трех часов); продувание воздуха должно быть энергичное, для чего необходимо иметь соответствующей величины компрессор, который за 3 часа продувания должен подать количество воздуха, по объему в 5—6 раз больше объема жидкости.

На Сясьском спиртовом заводе для нейтрализационной башни в 150 м^3 жидкости устанавливается компрессор, дающий за 3 часа 900 м^3 воздуха и расходующий 25 л. с.

После двухчасового отстаивания собирается на дне башни осадок, состоящий из сернистоокислого кальция, серноокислого кальция и углекислого кальция. Чтобы использовать имеющийся в осадке углекислый кальций, спускают отстоявшийся над осадком прозрачный раствор, а над осадком выкачивают новое количество щелока, известкового молока и сахарного раствора. Только после 25 оборотов совсем спускают осадок и обмывают башню внутри. На заводе устанавливают 2 башни: в одной идет процесс нейтрализации, в другой—отстаивание.

Отделение для приготовления извести и мела, для нейтрализации щелоков имеет следующее оборудование: 1) намнедробилку; 2) элеватор для подачи дробленого известняка к шаровой мельнице; 3) шаровую мельницу; 4) железный элеватор для подачи измельченного известняка в сепаратор, изготовляющий известковое молоко, и 5) сепаратор.

Для известкового отделения Сясьского спиртового завода требуется двигатель в 20 л. с.

Отстаивание после нейтрализации

Очень важно, чтобы щелок не уносил твердых примесей в брагоперегонный аппарат. С этой целью, после отстаивания в нейтрализационной башне, спускают верхний щелок в чаны для вторичного отстаивания до полной прозрачности. Таких чанов устанавливают не менее 3.

Проветривание и охлаждение

Чтобы можно было привести в брожение нейтрализованные, прозрачные щелока, необходимо их охладить еще до температуры 30°Ц , благоприятной для деятельности дрожжей, и удалить из них совершенно нежелательную сернистую кислоту, которая действует очень угнетающе на дрожжи. Для этой цели устраивают градирни Г (см. рис. 1466). Градирня представляет собой высокую башню, остов которой изготовлен из железобетона; наверху стоят чаны, в которые выкачивают прозрачный щелок из отстойных чанов; из них щелок поступает на сито, сквозь которое он, в виде дождя, падает на устроенные внутри башни деревянные косые полки, проходя зигзагом навстречу идущему снизу вверх воздуху, который вдувает вентилятор В. Струя воздуха должна охлаждать щелок и насыщать его кислородом воздуха, способствующим размножению дрожжей. Для этой цели следует поставить достаточно мощные

Вентиляторы. На Сясьском спиртовом заводе для охлаждения 1200 м³ щелока в сутки от 80 до 30° Ц устанавливают два вентилятора, подающие в сутки 97 000 м³ воздуха, причем каждый вентилятор, при 600—600 об/мин., имеет крылья диаметром 1520 мм.

В летнее время градирня недостаточна для охлаждения большого количества щелоков; для этой цели устраивают холодильники сист. Вома (см. рис. 78), на которых расхолаживание щелока посредством воды доводят до 30° Ц.

Добавление к щелокам азотистопитательных и минеральных веществ

Выше уже было указано, что щелока содержат очень мало питательных веществ для дрожжей и что для хорошего сбраживания их необходимо задать питательные вещества, в которых нуждаются дрожжи.

На 100 м³ щелока, содержащих около 13 000 кг сухих веществ, следует задать в виде раствора в воде:

Сернистого аммония	25 кг
Автолизата дрожжей в 4° Бал	50 л
Суперфосфата, содержащего 17% фосфорной кислоты	10 кг

Процесс брожения

Как было указано выше, сульфитные щелока содержат муравьиную кислоту и сернистокальциевые соли. Вещества эти являются хорошими антисептиками, а потому в щелоках редко встречается постороннее брожение. Это дает возможность вести брожение щелоков без приготовления отдельных дрожжей, как это делают при хлебно-картофельном производстве. При этом возможно спустить $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ сбродившей бражки на стонку, а к оставшейся части прилить сладкий затор без приливания отдельных дрожжей.

Другой особенностью сульфитных щелоков следует считать чрезвычайно большое содержание в них сахара, который составляет почти 75—80% всего сухого вещества. Так как дрожжи, даже при достаточном количестве питательных веществ, размножаются в щелоках плохо, то следует заливать бродильных чанов производить, как и в пачочных заторах, либо подмолodkaми, либо по непрерывнопроточному способу.

На заводах, перерабатывающих сульфитные щелока, ведут брожение либо по способу Экстрема, либо по способу Рэмера.

Ведение непрерывного брожения по способу Экстрема. Заполнение чана емкостью в 100 м³ с самого начала производства Экстрем производят следующим порядком.

Первоначально заливают 5 м³ сусла + 12,5 л дрожжевого автолизата плотностью в 4° Бал + 10 кг дрожжей;
через 12 час. закладывают 5 м³ сусла + 12,5 л дрожжевого автолизата плотностью в 4° Бал. Без дрожжей;
через 12 час. закладывают 20 м³ сусла + 12,5 л дрожжевого автолизата плотностью в 4° Бал. Без дрожжей;
через 24 часа задают 30 м³ сусла + 12,5 л дрожжевого автолизата плотностью в 4° Бал. Без дрожжей;
через 24 часа задают 40 м³ сусла. Без дрожжей.
За 72 часа залито 100 м³ сусла + 50 л дрожжевого автолизата 4° Бал. + 10 кг дрожжей.

Когда чан совершенно выбродит, спускают из него на перегонку 50%⁰ содержимого; оставшиеся 50%⁰ вместе с осадком дрожжей на дне чана служат дрожжами для приливаемого сладкого сусла, которое или приливают по непрерывно-приточному способу, или же по способу подмолодок; приливают сначала 25 м³ сусла, заправленного азотистопитательными и минеральными веществами и через 24 часа приливают остальные 25 м³. Когда чан хорошо сбродит, спускают на сгонку 60%⁰, а в качестве дрожжей оставляют только 40%⁰ отбродившего сусла, затем на третий раз оставляют 35%⁰, а на четвертый раз—25%⁰ отбродившего сусла и приливают сладкого сусла 75%⁰ емкости чана.

В дальнейшем, если брожение идет энергично, оставляют только 25%⁰ отбродившего сусла, а сладкого сусла приливают 75%⁰; если же брожение идет недостаточно энергично, то увеличивают количество дрожжей. Таким образом ведут непрерывное брожение, не опорожняя бродильного чана и не вымывая его в течение 10 заполнений, или оборотов его, т. е. приблизительно 6—7 недель. За это время на стенках и днище чана отлагается большой осадок кальциевых солей, которые обволакивают дрожжи и задерживают процесс брожения. Тогда необходимо чан совсем опорожнить, хорошо вымыть и продезинфицировать.

При заливе этого бродильного чана вновь можно взять в качестве дрожжей находящуюся в энергичном брожении бражку из другого чана, в размере 40%⁰ от объема чана; при этом следует брать бражку из такого чана, в котором уже было произведено 4 заполнения и в котором дрожжи уже привыкли к этой, не особенно приятной для них среде. Приливаемое к дрожжам сладкое сусло, в размере 60%⁰ емкости чана, должно быть заправлено, как указано выше, сернокислым аммонием, автолизатом дрожжей и раствором суперфосфата.

Чтобы ускорить брожение, обыкновенно после каждого прилива сладкого щелока продувают смесь помощью компрессора в течение одной минуты, чтобы хорошо размешать дрожжи с прилитым суслом.

При опорожнении чана и спуске с него осадка стараются и з а л е ч ь о с а д о ч н ы е д р о ж ж и с тем, чтобы часть их взять в качестве дрожжей для опорожненного и вновь заливаемого бродильного чана, а остальное—для изготовления автолизата. Для этой цели при спуске бражки на перегонку оставляют на дне 2,5—3%⁰ всего содержимого чана; размешивают массу деревянным гребком, энергично продувают воздух и получают однородную кашницу, которую при помощи насоса перекачивают в чан-отстойник, стоящий на верхнем этаже. При отстаивании сначала садится в этом чану на дно более тяжелая известковая грязь, а значительно позже садятся понемногу и дрожжи. Через полчаса выкачивают бражку (стоящую в отстойнике над слоем грязи), которая содержит большое количество дрожжей, в опорожненный хорошо вымытый бродильный чан, прибавляют к ним 20 м³ энергично бродящего сусла из какого-нибудь чана, который был залит за сутки до этого, приливают 20—30 м³ сладкого сусла, заправленного всеми питательными веществами. Когда чан хорошо забродит, доливают его суслом, как указано выше, или по способу подмолодок, или по непрерывноприточному способу.

Приготовление автолизата. Оставшийся в отстойнике осадок перекачивают для промывки дрожжей в особый чан и дают отстояться около 12 час. Находящуюся над осадком бражку выкачивают в резервуар для бражки, а к осадку приливают воду, хорошо размешивают и дают отстояться около 8 час. Верхний отстой снова выкачивают в резервуар для бражки; осадок дрожжей и кальциевых солей промывают еще 4 раза водой, спуская воду в канаву. Затем дрожжи подвергают автолизу в течение двух суток при температуре $40-45^{\circ}\text{C}$, хорошо размешивают массу, после чего дают жидкости отстояться в течение 1—2 часов, причем соли садятся на дно. В заключение декантируют верхний жидкий автолизат и отваривают его для стерилизации до 100°C .

Ведение брожения в сульфитных щелоках по способу Ремера по методу прикрепленного брожения. Способ Ремера нашел в последнее время широкое распространение в Западной Европе и вытесняет способ Экстрема.

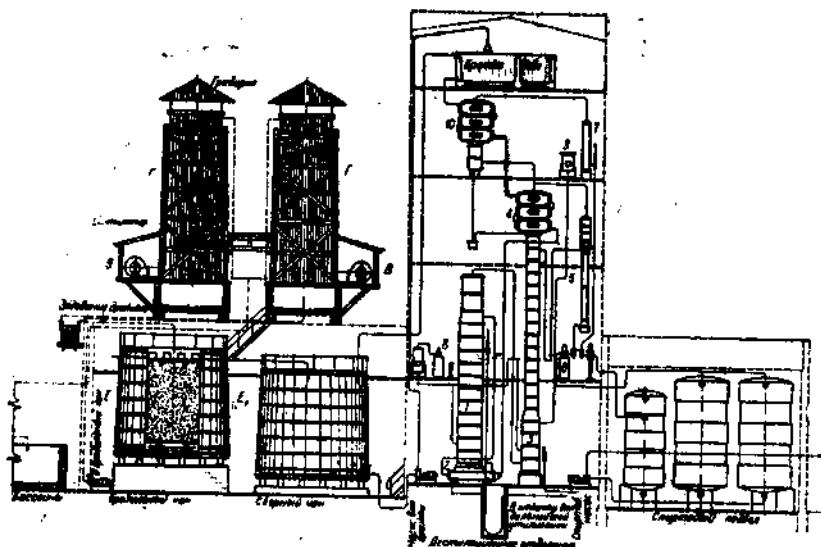


Рис. 147. Технол. схема производства спирта из сульфитных щелоков (продолжение). Градирня Г для охлаждения нейтрализованного щелока.

Ремер применил принцип «прикрепленного брожения», уже давно применяемый на уксусных заводах. В последних сильно разбавленный водой спирт течет в виде дождя через толстый слой буковых стружек, на которых сидит громадное количество уксуснокислых бактерий, окисляющих спирт в уксус.

Ремер очень удачно применил этот принцип к спиртовому брожению. Для этой цели бродильный чан Е (см. рис. 147) имеет, кроме нижнего дна, второе ситчатое дно, лежащее на расстоянии 0,15 м от первого. На ситчатом дне лежит толстый в 3—4 м слой из свернутых тонких буковых стружек, а над стружками расположено съемное ситчатое днище. Чтобы последнее не всплыло вместе со стружками на него накладывают тяжелый груз.

Для сбраживания сульфитных щелоков задают с самого начала в сусло на 100 м³ щелока 150 кг культурных дрожжей и смесь накачивают в чан Е так, чтобы сусло притекало снизу, направляясь снизу вверх через толщу буковых стружек к выходу в чан Е', для дображивания. При этом заданные дрожжи садятся главным образом на поверхности стружек, покрывая не только их наружную поверхность, но и внутреннюю. Щелок направляют с такой малой скоростью, что пока сусло пройдет через чан, оно успеет сбродить в главной своей части и затем поступает для дображивания в чан Е₁. С каждым днем действия дрожжи все более привыкают к данным условиям процесса и становятся все энергичнее, так что через неделю на каждые 100 м³ чана возможно за 24 часа сбродит 125—150 м³ щелока. Между тем по способу Экстрема брожение чана в 100 м³ длится более трех суток, и отчасти этим объясняется широкое распространение за последние годы способа Ремера.

Сясьский спиртовой завод ведет брожение по способу Ремера. Для главного брожения, которое длится 12 час., установлены там 4 чана со стружками, по 180 м³ каждый. Для дображивания, которое длится 24 часа, имеются 8 чанов, по 180 м³ каждый; затем имеются еще два передаточных чана для бражки. В завод первоначально поступает 1200 м³ щелока, но при перекачке, нейтрализации часть их теряется, и получается для сбраживания 1100 м³ в сутки. Таким образом общая емкость чанов в бродильном отделении в 2¹/₄ раза больше емкости перерабатываемого в сутки щелока.

Железо непригодно для работы с сульфитными щелоками, так как сернистая кислота быстро разъедает его; железобетонные чаны также непрочны и легко разъедаются щелоками. В последнее время ставят, однако, железобетонные чаны, но облицовывают их гипсом, который показал себя пригодным материалом. Лучшим материалом считается дерево, из которого делают чаны емкостью даже в 200 м³.

Качество сульфитной бражки

Сульфитная бражка содержит только 0,9—1,0% спирта, т. е. она в 10 раз слабее паточной бражки, вследствие чего для ее перегонки необходимо иметь мощный аппарат; при такой слабой бражке расход пара на перегонку очень велик.

Наиболее подходящим материалом для брагоперегонного аппарата следует считать медь, но в виду ее дефицитности устанавливать можно чугунный эмалированный брагоперегонный аппарат.

Бражка жидкая, без твердых примесей; ее выкачивают в сборник, стоящий выше дефлегматора, на доску; она разливается по доске тонким слоем, причем выделяется углекислый газ, задерживающий перегонку бражки; из сборника бражка самотеком поступает на верхнюю тарелку брагоперегонного аппарата, проходя предварительно через реконератор для подогрева посредством барды.

Ожидаемый выход спирта

На 1 000 кг вырабатываемой целлюлозы возможно получить в среднем 8,5 м³ сульфитных щелоков; но фактически спиртовой завод

перерабатывает только 4 м³. Каждый кубический метр щелока дает в среднем 9—10 л спирта. Следовательно Сясьский спиртовой завод, перерабатывая в сутки 1 100 м³, может дать, округляя, 10 000 л = 1 000 дкл спирта.

Качество сырого сульфитного спирта

Несмотря на то, что сульфитная бражка слабая, из нее на хороших брагоперегонных аппаратах получают сырой спирт крепостью в 90—92⁰/о. Этот спирт содержит, по Хеглунду, от 0,8 до 3,2⁰/о метилового спирта (СН₃ОН). Так как метиловый, или древесный, спирт очень ядовит для человеческого организма, то спирт, содержащий метиловый спирт, не годен для внутреннего потребления, он вызывает слепоту.

При тщательной ректификации спирта-сырца его можно совершенно очистить от этой ядовитой примеси.

Утилизация сульфитной барды

Если считать по выходу спирта на заводе, то сульфитной барды получается в 10 раз больше, чем паточной; в кормовом отношении она малоценна и может быть употреблена как корм только с добавкой значительного количества концентрированных кормов.

Если сульфитную барду сконцентрировать выпаркой, то она благодаря содержанию дубящих веществ становится пригодной для дубления кожи и может быть использована для этой цели.

Кроме того из сгущенной сульфитной барды возможно еще получать клей (целлюлозный пек).

Сульфитная барда при спуске в реки и озера гораздо менее вредна, чем сульфитный щелок; но она все же содержит органические вещества, которые, разлагаясь, ухудшают качество воды.

ПРОБЛЕМЫ, СТОЯЩИЕ ПЕРЕД СПИРТОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА ИЗ СУЛЬФИТНЫХ ЩЕЛОКОВ

При производстве спирта из сульфитных щелоков мы не только избавляем реки и озера от отравления, но вместе с тем получаем самый дешевый спирт, в связи с чем перед спиртовой промышленностью стоят следующие задачи:

1. При существующих крупных целлюлозных заводах и при всех намеченных к постройке в течение второй и третьей пятилеток целлюлозных заводах должны быть устроены спиртовые заводы для производства спирта из сульфитных щелоков, что удешевит спирт и значительно сократит количество хлебного зерна, поступающего для производства спирта.

2. Наши машиностроительные заводы должны срочно приступить к изготовлению брагоперегонных аппаратов для сульфитной бражки из кислотостойкого чугуна.

ГЛАВА XVI

Производство спирта из древесины и торфа

ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ НА СПИРТ

При получении спирта из древесины основным сырым материалом является клетчатка, или целлюлоза.

Между углеводами, из которых добывают спирт, клетчатка выделяется тем, что нерастворима в воде: ни в холодной, ни в кипящей, ни при варке под высоким давлением. Выше, при описании способа добывания сульфитных щелоков, было указано, что при варке древесных опилок в растворе, содержащем 2,5% сернистой кислоты, в течение 12 час. при высоком давлении с температурой 135° Ц целлюлоза остается нерастворимой.

Гидролиз целлюлозы древесины, с целью превратить ее в растворимый, подвижный и легко сбраживаемый дрожжами сахарный раствор, представляет сложную задачу, которая еще и до сих пор целиком не разрешена

Химический состав древесины

По исследованию Кенига и Беккера древесина имеет следующий состав (табл. 43):

Таблица 43
Химический состав сухого вещества древесины (в %)

Составные части		Сосновая древесина	Буковая древесина
Целлюлоза, в том числе	Чистая целлюлоза	41,93	45,41
	П. нтозаны (нерастворимые)	2,08	6,52
Гемцеллюлоза, в том числе	Пентозаны (дающие сахар, не способный к брожению)	8,70	17,79
	Гексозаны (дающие сахар, способный к брожению)	12,78	4,36
Лигнин		29,52	22,69
Сырой протеин (N × 6,25)		1,27	1,58
Смолы и воска		3,17	0,70
Зола		0,53	0,96

Из этой таблицы видно, что хвойное сосновое дерево содержит клетчатки, или целлюлозы, на 30% меньше, чем лиственное буковое дерево.

Гексозанов, способных к брожению, сосновое дерево содержит (12,78%) почти втрое больше, чем буквое дерево (4,36%); пентозанов (дающих сахар, неспособный к брожению) буквое дерево содержит вдвое больший процент (17,79%), чем сосновое (8,74%). Лигнина имеется от 22 до 30%, причем сосновое дерево содержит его на 25% больше букowego.

Таким образом сосновое дерево содержит меньше пентозанов и больше гексозанов, т. е. содержит вообще больше сбраживаемых углеводов, чем буквое дерево. При дальнейшем изучении химического состава дерева видно, что как хвойное, так и лиственное дерево очень бедны азотистопитательными веществами для дрожжей; затем оно содержит очень мало фосфора и сравнительно мало калия. Вследствие этого для правильного ведения процесса брожения необходимо будет к суслу, полученному после гидролиза дерева, добавить эти вещества в достаточном количестве.

Гидролиз клетчатки посредством серной кислоты

Первым изучил вопрос гидролиза клетчатки посредством серной кислоты В. Ракоуно (1819 г.). Он обрабатывал древесину сначала 90%-ной серной кислотой, затем добавлял большое количество воды, фильтровал, нейтрализовал углекислым кальцием и получал осадок, растворимый в воде, который при нагревании со слабой серной кислотой давал сбраживаемый сахар.

Ф. Лексиг в 1882 г., затем О. Ст. и Вилькенинг в 1910 г. уточнили этот вопрос и выяснили, что клетчатка растворяется в холодной 72%-ной серной кислоте, образуя студень, который затем переходит в прозрачный раствор. Если прибавить воды, тогда снова выделяется слизистое вещество, которое О. Ст. и Вилькенинг называли целлюлозным декстрином; если же воды прибавить так, чтобы серной кислоты было в растворе только $2\frac{1}{2}\%$, и затем кипятить раствор без давления 5—8 час. или же в автоклаве под давлением при температуре 120°C 2 часа, то целлюлоза гидролизуеться и дает сбраживаемый сахар. Серная кислота крепостью выше 90% обугливает клетчатку при нагревании, а кислота крепостью менее 60% не растворяет клетчатки на холоду.

Интересно, что был найден способ перевода клетчатки в растворимый сбраживаемый сахар—глюкозу, но практического значения способ этот не имел, так как очень велики были расходы серной кислоты и топлива.

Так, по Ф. Лексигу, для гидролиза 1 кг целлюлозы требуется 5 кг 100%-ной серной кислоты. Если принять, что 1 кг целлюлозы дает 57 л абсолютного спирта, то для получения 100 л безводного спирта требуется 875 кг 100%-ной серной кислоты, тогда как при производстве спирта из патоки расходуется только 1,9 кг серной кислоты на то же количество спирта.

Мельсен начал производить гидролиз клетчатки непосредственным кипячением ее со слабой серной кислотой.

В значительной степени двинул вперед вопрос гидролиза древесины Симонсен (1898 г.), изучавший вопрос этот многосторонне. Он определил влияние на успешность гидролиза целого ряда факторов, ка-

ждого в отдельности и всех в совокупности: влияние изменения концентрации серной кислоты; влияние количества воды; влияние давления и температуры; влияние однократного и двукратного гидролиза.

Симонсен нашел, что для наиболее благоприятного проведения гидролиза древесины следует проводить его с 0,5%-ной серной кислотой в течение 15 мин. при давлении в 9 атм. и с количеством воды по отношению к сухому веществу древесины (модуль) 1 : 5. При своих опытах он получил максимальный выход спирта из 100 г абсолютно сухого вещества древесины в 9,6 см³ и средний выход 7,56 см³; максимальный выход сахара из древесины был 22,5%, причем степень сбраживания сахара равнялась 57—64%. При повторном гидролизе остатка от первого гидролиза он получил добавочно 10—13% сахара. Поэтому он считает вторичный гидролиз невыгодным. Расход 100%-ной серной кислоты на получение 100 л безводного спирта составляет у него 25 кг; у Неймана же, который на 100 г древесины (опилки) с 15%-ной влажностью берет только 300 см³ раствора 0,5%-ной серной кислоты и гидролизует при температуре 175° Ц в течение 30 мин., расход серной кислоты составляет 19,7 кг на то же количество спирта.

Однако когда Симонсен на опытном заводе повторял эти лабораторные опыты, выход спирта был значительно ниже.

Ост и Вилькенинг обратили внимание на то, что одновременно с образованием из клетчатки глюкозы, при варке древесины в слабой кислоте под давлением, происходит разложение глюкозы, с образованием кислот; при варке в 2%-ной серной кислоте в течение 1 часа при температуре 145° теряется 65% глюкозы, а при варке в течение одного часа при 150° Ц в 0,5%-ной серной кислоте теряется 4% образовавшейся глюкозы.

Гидролиз клетчатки посредством соляной кислоты

Многие из химиков пытались осуществить гидролиз древесины помощью соляной кислоты, причем у них была заманчивая мысль, что затраченную соляную кислоту можно вернуть путем выпаривания под вакуумом и затем снова пустить в производство для гидролиза.

Дозивилье в 1880 г. предложил свой метод гидролиза древесины, по которому целлюлозу растворяют сначала в крепкой соляной кислоте, насыщенной хлористым водородом. Массу древесины выщелачивают водой, и полученный раствор сахара и целлюлозных декстринов выпаривают в вакууме; декстрины при этом осахариваются, а выделяющиеся пары соляной кислоты улавливаются. Раствор сахара и декстринов, содержащий небольшой процент соляной кислоты, разбавляют водой до содержания экстракта в 12%, кипятят в течение нескольких часов для полного осахаривания и затем, после нейтрализации, подвергают брожению.

Однако метод Дозивилье не нашел практического применения.

Круль обрабатывал сначала древесные опилки в течение 24 час. дымящейся соляной кислотой при 20° Ц, отсасывал под вакуумом часть паров соляной кислоты и затем, разбавив водой, чтобы получить раствор, содержащий в 100 см³ 1,5 г соляной кислоты, кипятил для гидролиза

8 час. при 100° Ц. Ему удалось получить выход спирта в 21—23 см³ из 100 г сухого вещества древесины, т. е. значительно превосходящий выход спирта у Симонсена; но затрата в 310—430 г соляной кислоты уд. веса 1,19 на 100 г спирта делает этот способ маловыгодным.

Бергиус предложил способ гидролиза древесины посредством соляной кислоты уд. веса 1,21 (41—42% HCl) в системе диффузоров. Полученный после гидролиза раствор поступает в аппарат для извлечения соляной кислоты. В верхней части этого аппарата раствор распыляется и при своем падении встречает завесу из распыленного минерального масла температурой 50° Ц. Помощью вакуум-насоса производят в аппарате разрежение; при этом выделяются пары HCl, которые сгущают и возвращают в производство, причем потери кислоты равны только 10%. Сконденсированные капли полученного при гидролизе раствора древесины падают на дно вместе с минеральным маслом, после чего гидролизат отделяют от масла отстаиванием и затем посредством центрифугирования; минеральное масло снова вбрызгивается в распылитель, а гидролизат, содержащий около 2% соляной кислоты, нейтрализуют и высушивают в струе теплого воздуха.

Полученный продукт, представляющий смесь разных углеводов, годен как корм для скота, но для сбраживания на спирт, как показали исследования, произведенные под руководством проф. Первозванского во Всесоюзном научно-исследовательском институте спиртовой промышленности¹, он не пригоден. Если кипятить его долгое время с 2%-ным раствором серной кислоты, то можно получить гидролизат с большим содержанием сбраживаемых сахаров; однако расход серной кислоты слишком велик и делает этот способ гидролиза древесины невыгодным.

Переработка древесины по способу Ивна и Томлинсона

Фот описывает ведение производства спирта из древесины на Джорджтоунском заводе в США в крупном разме по способу Ивна и Томлинсона, весьма близкому к способу Симонсена. Варку древесных опилок и остатков дерева производят там в четырех шарообразных, вращающихся на двух горизонтальных цапфах и выложенных внутри кислотостойким материалом котлах «дигесторах». В каждый дигестор загружают 4 077 кг сырых (с 48%-ной влажностью) опилок или 2 120 кг сухого вещества дерева. К ним прибавляют 454 л воды для смачивания опилок и 45,3 кг серной кислоты в 60° Боме, или 35,3 кг 100%-ной серной кислоты (т. е. на 100 кг сухого вещества дерева 1,67 кг 100%-ной серной кислоты). Сейчас же после загрузки пускают пар, приводят дигестор в движение, за 10 мин. поднимают давление до 10 атм., поддерживают это давление и температуру 168° Ц 15 мин. и приступают к выдуванию. Вся варка длится 25 мин. Каждые 15 мин. выдувают один дигестор. На варку одного дигестора тратят 1 500 кг пара с давлением 10 атм.; раствор в дигесторе содержит 0,9% серной кислоты.

¹ См. «Труды Всесоюзного научно-исследовательского института спиртовой промышленности». Сборник 1, М.-Л., Снабтехиздат, 1933 г.

В выходящих из дигестора парах находятся скипидар, уксусная кислота, фурфурол, которые не утилизировались, но которые можно извлечь.

Сваренная рассыпчатая масса поступает в диффузионную батарею, где выпелачивается обычным путем. Получаемый с диффузии раствор имеет концентрацию в 11—12° Бал; прибавляя известковый раствор и размешивая, нейтрализуют сусло до кислотности 0,4° Дельбрюка и выкачивают в бродильный чан, в который уже к этому времени спущены дрожжи.

Дрожжи готовят из 340 кг ржаной муки, такого же количества сухого солода и 462 кг солодовых ростков, т. е. берут 0,5% сухих припасов по весу сухого вещества древесины. Дрожжи готовят концентрацией 22° Бал, молочнокислые, с кислотностью 2° Дельбрюка. Сусло прибавляют в дрожжи частями, в 6—7 приемов, приучая постепенно дрожжи к этому, не особенно приятному для них суслу с большим содержанием сахара.

При суточной переработке 220 000 кг древесины с 114 500 кг сухого вещества заливают бродильные чаны емкостью в 250 000 л, т. е. на 1 кг сухого вещества дерева приходится 2,2 л емкости бродильного чана. Длительность брожения—2,5 сут. Отброды в бражке—2,5—2,7° Бал; бражка содержит 2,5—2,7% спирта; перед поступлением на аппарат ее фильтруют через сито для отделения ростков.

Выход спирта в зимние месяцы лучше, чем в летние, когда нет достаточно холодной воды для регулирования температуры во время брожения.

Несмотря на то, что дигесторы от самого момента загрузки до выгрузки непрерывно вращаются и древесная масса все время отлично перемешивается с раствором кислоты, и вся варка с кислотой длится только 25 мин., так что остается мало времени для разложения сахара, все же средний выход спирта за год равен приблизительно 6,4 л и максимум—7,3 л со 100 кг сухого вещества древесины, т. е. здесь выход спирта равен выходу спирта у Симонсена и меньше, чем у Неймана (9 л на 100 кг сухого вещества); расход серной кислоты—23 кг на 100 л спирта—близок к расходу ее у Неймана и у Симонсена.

Переработка древесины по способу Шоллера

Шоллер рационализировал способ добывания спирта из древесины и достиг высокого выхода спирта—в 24 л со 100 кг сухого вещества дерева, обрабатывая последнее слабым 0,4%-ным раствором серной кислоты. Такой выход спирта он получил не только в лабораторной обстановке, но и на заводе, работающем по его способу в Торнеше, в Гольштине.

Для гидролиза клетчатки он устроил батарею в 4—6 сосудов (рис. 148 и 149), напоминающую по своему устройству и оборудованию диффузионную батарею сахарного завода. Сосуды эти, имеющие в высоту 10 м и в диаметре 1,6—1,8 м (вместимостью 20—25 м³), Шоллер назвал перколяторами, а происходящий в них процесс обработки древесины—перколяцией. Последняя состоит в том, что накачиваемая в перколятор под сильным давлением слабокислая жидкость вытесняет из слоя древесины

образовавшийся в ней под действием кислоты сахар. Перколяция длится 12 час. при температуре 170°C и давлении от 10 до 15 атм.

Так как опилки занимают большой объем и при непосредственном выщелачивании их получалось бы весьма слабой концентрации сладкое сусло, поэтому Шоллер сжимает загружаемые в перколятор опилки посредством пара, значительно увеличивая вес загрузки в один перколятор. Для этой цели Шоллер загружает перколятор в 3 приема. После каждой загрузки опилки он выпускает сверху над опилками пар высокого давления в 15 атм., уплотняя и сдавливая опилки как прессом. Чтобы избежать разложения сахаров под влиянием высокой температуры, направляют выходящее сусло через теплообменник 3 (см. рис. 184), в котором движется навстречу суслу входящая в батарею вода. Вода нагревается, а сусло понижает свою температуру. Кроме того, для избежания разложения сахаров Шоллер сейчас же после выхода сусла из перко-

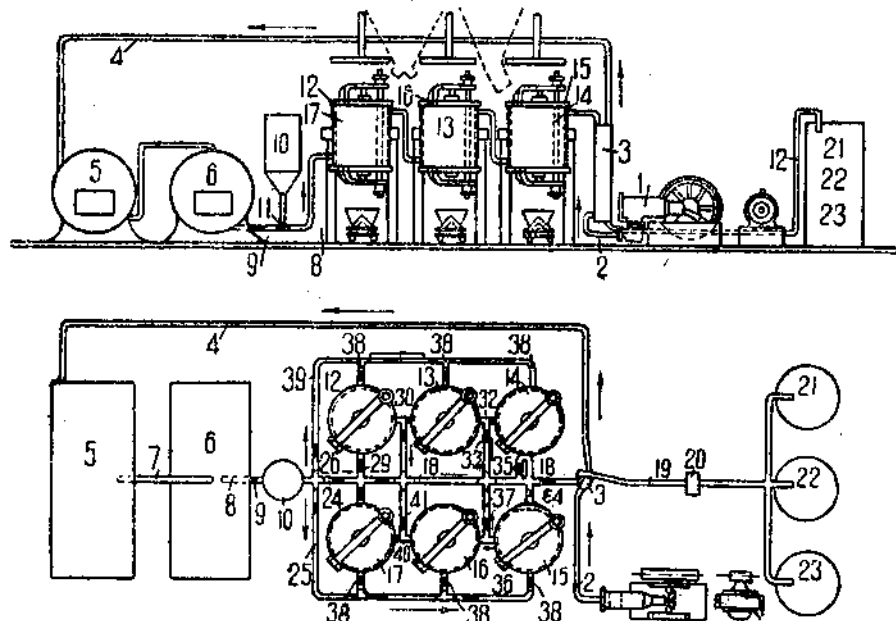


Рис. 148. Батарея перколяторов Шоллера в плане.

ляционной батареей нейтрализует кислоту солями, подбирая такие соли, которые одновременно служили бы питательными веществами для дрожжей, например фосфорнокислый кальций, углекислый аммоний, калийные и магниевые соединения. Эти нейтрализующие соли задают также в воду до выхода ее в перколяционную батарею.

На рис. 148 изображена в плане и в разрезе батарея перколяторов 12, 13, 14, 15, 16 и 17. На рис. 148 перколяторы изображены в большем масштабе в разрезе, из которого видно, что они имеют среднюю часть 48 слегка коническую, к которой привинчиваются верхний и нижний конуса 53 и 50. В этих конусах имеются сита, которые отделяют обрабатываемые опилки от сусла.

Водяной насос 1 и кислотный насос (см. рис. 149) работают от одного электромотора, так что вода поступает на батарею с постоянной кислотностью 0,4%. Вода из насоса по трубе 2 входит в теплообменник 3, куда навстречу ей идет выходящее из батареи готовое и с высокой температурой в 170° Ц сусло. Последнее охлаждается, что задерживает разложение сахаров, а вода нагревается и затем уходит по трубе 4 в нагреватель 5, в котором она подогревается паром до высокой температуры; затем она смешивается с серной кислотой, поступающей из чана 10, и переходит в смеситель 42, снабженный мешалкой, где к воде добавляют питательные соли, а отсюда в сборник 43 и подается в перколятор. Вместо воды частично берут барду, так же, как при переработке свеклы.

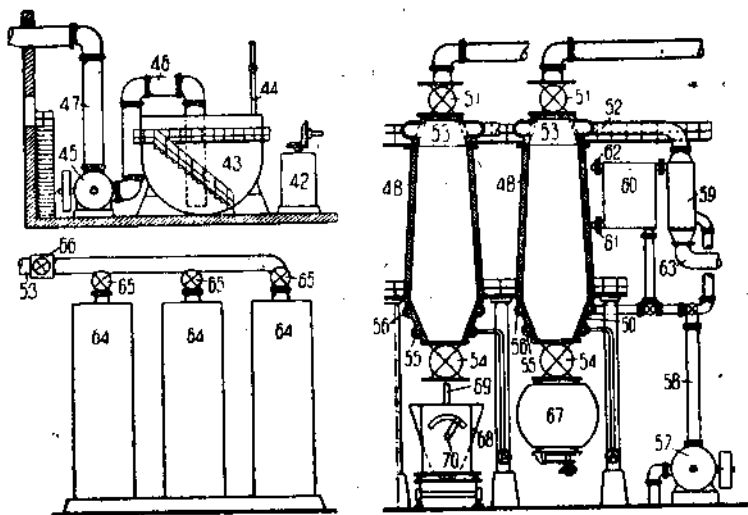


Рис. 149. Батарея перколяторов Шоллера в разрезе.

Вода, подкисленная и подогретая до 170° Ц, к которой добавлены питательные соли, накачивается насосом сверху в перколятор, в котором древесина выщелачивалась уже 4 раза, и вытесняет из древесины весь сахар, так что перколятор этот можно будет совершенно опорожнить. Вытесненная жидкость направляется в следующий перколятор, в котором она опять движется сверху вниз, вытесняя из опилок образовавшийся сахар, и, наконец, поступает в перколятор со свежагруженными опилками.

Загрузка опилок производится следующим образом. В опорожненный чистый перколятор всыпают, несколько менее половины емкости, опилок и, закрыв крышку, быстро впускают сверху пар самого высокого давления, который сдавливает, прессует массу опилок. Затем делают вторую и третью засыпки, каждую с прессованием посредством пара. Объем 1 т спрессованной массы равен 4 м³.

После полной загрузки перколятора впускают в него снизу вверх перколяционную жидкость, которая уже 4 раза выщелачивала опилки

и отсюда отводят выходящее сусло, обогатившееся сахаром, в нейтрализатор, затем в теплообменник 3, а из него в сборники 21, 22, и 23.

Лигнин, остающийся в опорожненном перколяторе, вымывают водой в подставленную вагонетку 68 с ситом 70 для стока воды. Если же лигнин не выпадает, то его помощью особого приспособления выдалбливают механически.

Лигнин прессуют, высушивают и употребляют тут же как топливо или же прокаливают, причем получают высокого качества активированный уголь.

Сладкое сусло, полученное из перколяторов, содержит 4% сахара, из них около 80% обрабатываемого; сусло нейтрализуют известью, прибавляют для азотистого питания сернокислый аммоний, пропускают через фильтрпресс, охлаждают до 30° Ц и затем задают дрожжи.

Однако нередко бывает, что полученный гидролизат (сладкое сусло) не бродит вследствие того, что содержит продукты разложения смол и другие ядовитые для дрожжей вещества. Тогда сусло очищают, обрабатывая его или сернистой кислотой, или бисульфитом натрия, или фильтрованием через активированный уголь, после чего продувают через него воздух и нейтрализуют, как выше указано.

Поданным Шоллера (что подтверждает проф. Льюэрс, исследовавший производство) он имеет следующие достижения: 100 кг сухого вещества древесины дают спирта 24 л; на 100 л спирта расходуется: серной кислоты 16,6 кг; воды—100 м³, пара, включая тепло от сжигания лигнина,—300 кг.

Хегглунд Классен опровергают эти данные, утверждая, что они преувеличены и что выход спирта следует считать только 18 л со 100 кг сухого вещества древесины. Они считают, что расход серной кислоты выше, что процесс длится слишком долго и что цена на спирт из древесины еще высока и поэтому производство в этих условиях невыгодно.

Утилизация побочных продуктов гидролиза. Жюньен обратил внимание на то, что кроме сахара и спирта при гидролизе древесины получаются еще и другие ценные вещества—побочные продукты, которые следует утилизировать, тогда производство удешевится. Такими веществами, которые можно выделить, он считает: древесный спирт, фурфурол, уксусную кислоту, муравьиную кислоту и др. Но практические методы для получения этих побочных продуктов еще не выработаны.

Котовский¹, на основании работ Принсгейма, нашел, что гидролиз древесины представляет сложное химическое явление, которое можно разделить на следующие три фазы:

1) деполимеризация, при которой уменьшаются комплексные группы молекул;

2) внутренняя перегруппировка молекул с образованием новых химических соединений, обладающих новыми свойствами (декстрины);

3) химический процесс гидролиза с присоединением воды и образованием промежуточных и конечных продуктов гидролиза—моносахаридов.

Вследствие этого он считает неправильным, что Шоллер для всех трех фаз применяет одни и те же, кислотность, температуру, давление,

¹ См. журнал «Бродильная промышленность», 1932 г., № 11—12.

а также и то, что Шоллер операцию гидролиза ведет слишком долго—12 час.

Котовский предложил свой метод, который в главных чертах состоит в расчленении гидролиза на три ступени давления и кислотности.

Аппаратура, предложенная им для этого, состоит из двух автоклавов. В первом имеется слабый раствор серной кислоты под давлением и при высокой температуре; этот автоклав он называет «прогреватель». В другом автоклаве находятся древесные опилки, назначенные для гидролиза, и этот автоклав он называет «диффузором». Помощью насоса он перекачивает кислотный раствор в диффузор на опилки, причем делает это трехкратно с разными степенями давления и кислотности, например:

1-я ступень—берется более крепкий кислотный раствор, содержащий 0,5—1,25% серной кислоты, и при давлении и температуре 2—4 атм. накачивается в диффузор на опилки;

2-я ступень—в прогреватель набирают вторую порцию кислотного раствора, содержащего только 0,3—0,75% серной кислоты, доводят до более высокой температуры, соответствующей давлению в 5—8 атм. и выкачивают насосом в диффузор, обрабатывая таким образом опилки вторично при более высоком давлении.

3-я ступень—заготавливают в прогревателе более слабый раствор, содержащий только 0,1—0,5% серной кислоты, нагревают его до более высокой температуры, соответствующей более высокому давлению в 9—14 атм. и при таком давлении обрабатывают опилки в диффузоре в третий раз.

Полученный гидролизат направляют вторично на новые порции опилок, и таким образом можно получить гидролизат с более высоким содержанием сахара.

Ленинградский лесохимический институт под руководством инж. Шаркова разработал способ гидролиза древесины, проверенный в лабораторном масштабе, а затем осуществленный на работающем в Череповце опытном заводе по гидролизу древесины, на котором впервые в СССР получен спирт из древесины.

Метод Шаркова т. н. «Оросительного гидролиза» отличается от метода Шоллера в следующем:

Шарков устанавливает батарею, состоящую из шести перколяторов и двух монжю. Из последних разбавленная до 1% серная кислота поступает под давлением 7 атмосфер в перколяторы в виде дождя и откачивается снизу.

Опилки находятся в батарее не 12 часов, как у Шоллера, а только 6 часов, но зато раствор серной кислоты крепче. Опилки загружают в один прием. Выход спирта составляет 18 литров на 100 кг сухой древесины.

В 1935 г. будут построены 3 завода для добывания спирта из древесины.

Нет никакого сомнения, что в ближайшее время будет построено большое количество заводов для переработки древесины на спирт, и поэтому необходимо подготовить в спешном порядке химиков и технологов—специалистов в области переработки древесины.

Возможен еще гидролиз клетчатки древесины помощью бактерий, но этот вопрос еще пока мало разработан.

ПЕРЕРАБОТКА ТОРФА НА СПИРТ

СССР чрезвычайно богат залежами торфа и если бы удалось наладить выгодное производство спирта из торфа, то этим можно было бы сэкономить огромное количество зерна и картофеля, заменив их для производства спирта торфом.

Вопросом переработки торфа на спирт занимался в 1921 г. проф. А. Мозер в торфяной академии Главторфа.

Для переработки на спирт обыкновенно поступает не тот торф, который используется как топливо, совершенно перегнивший, а молодой торф «сфагнум», верхний слой болота, так называемый «очес», который поступает на подстилки в скотных сараях, а в последние годы получил широкое применение как изоляционный материал для потолков, стен, в виде изоляционных плит.

Торф содержит гемицеллюлозу, которая легко гидролизуется, и целлюлозу, которая, как и целлюлоза дерева, с трудом разлагается. Сухое вещество торфа имеет приблизительно следующий состав: клетчатки 22%, лигнина 12%, гемицеллюлозы 23%, из них около $\frac{1}{3}$ пентоз и около $\frac{2}{3}$ гексов.

Произведя гидролиз торфа с 1%-ной серной кислотой при высоком давлении и высоких температурах в 140, 160 и 180° Ц и отдельно при 95° Ц, Мозер нашел, что количество полученного сахара при 95° Ц в 3 $\frac{1}{2}$ раза больше, чем полученное при 180°. Это объясняется очевидно тем, что образовавшиеся при гидролизе сахара легко разлагаются при высоком давлении.

Наиболее благоприятным следует считать 3-час. гидролиз гемицеллюлозы с 0,5% серной кислоты при давлении в 1,5 атм. При количестве воды 1 : 10 по отношению к сухому веществу торфа расход кислоты составляет 5% по весу сухого вещества, или 1 ч. на 6 ч. полученных сахаров, причем концентрация сахаров в растворе получается около 3° Вал. Можно повысить концентрацию сахарных растворов и понизить расход серной кислоты, если с одним и тем же раствором кислоты обрабатывать торф несколько раз или, как предлагает Курбатов¹, который много работал в этой области в Инсторфе, обрабатывать торф слабым раствором серной кислоты непрерывным потоком, как в диффузионной батарее.

Анализ остатка после гидролиза торфа при давлении в 1,5 атм. показал, что он состоит из 51% клетчатки, 47% лигнина и что остаток составляет 42—50% сухого вещества взятого торфа.

Исследования Курбатова показали, что при обработке этого остатка 0,5% серной кислоты в течение 1 часа при давлении в 9 атм. можно получить еще около 20% глюкозы по весу остатка, но получить полное осаживание клетчатки сухого вещества торфа не удастся.

Исследования Инсторфа показали, что в полученных при гидролизе торфа сахарных растворах содержатся:

Пентозы несбраживаемые	26%	Маннозы	6%
Галактозы	28—30%	Глюкозы	38%

¹ См. «Сборник работ по спиртовой промышленности», М.—Л. Снабтех издат. 1934.

Гидролиз торфа при обработке соляной кислотой проходит энергичнее, чем с серной кислотой; однако большинство заводов избегает вести гидролиз с соляной кислотой, так как она очень разъедает оборудование, и затем при нейтрализации соляной кислоты получаемые гидролизаты хуже сбраживают, чем при гидролизе посредством серной кислоты.

Опыты показали, что для гидролиза торфа необходимо применять более крепкие растворы серной кислоты, чем при гидролизе древесины, так как сухое вещество мха нейтрализует часть серной кислоты, которая вытесняет органические кислоты из солей, находящихся во мху.

Для успешного сбраживания торфяного гидролизата необходимо прибавить к нему азотистонапитательные и минеральные соли, как это делается при сбраживании сульфитных щелоков, задать дрожжи, способные энергично сбраживать не только глюкозу, но и галактозу (хороши дрожжи расы XII) и соблюдать определенную кислотность (лучше всего $pH = 4,7$).

Выход спирта в лабораторных опытах Курбатова составлял 100 см³ из 1 кг мха, или 10 л из 1 ц сухого вещества торфа, в то время как у Шоллера выход спирта из 100 кг сухого вещества древесины равен 24 л и во всяком случае не ниже 16 л.

Всесоюзный научно-исследовательский институт спиртовой промышленности поставил, совместно с Инсторфом, опыты переработки торфа на спирт в полужадовском масштабе. Хотя опыты прошли вполне удовлетворительно, но трата серной кислоты оказалась настолько большой по отношению к количеству полученного спирта, что пришли к заключению об убыточности такой переработки торфа. Когда будет разработан более совершенный метод переработки торфа, с затратой меньшего количества кислоты, тогда торфяное болото сможет служить источником сырья для крупного спиртового завода.

Курбатов дает следующие сравнительные данные о количестве сырья с 1 000 га земли для торфа и для картофеля (табл. 44):

Таблица 44
Данные об использовании 1 000 га земли для торфа и для картофеля

С ы р ь е	Сбор с 1 000 га в т	Годовое полу- чение спирта в дкл	Срок исполь- зования земл лет
Торф очес годн. 1 м	31 500	315 000	20
» » » 0,7 м	14 400	144 000	20
Картофель	16 000	198 000	—

Из этих данных видно, что на участке в 1 000 га при слое очеса в 0,7 м (таких болот у нас в Ленинградской области и ВССР, тем более в Северном крае и в Сибири очень много) можно на 20 лет снабдить сырьем спиртовой завод с производительностью в 140 000 дкл спирта в год.

ВОПРОСЫ

1. Как обрабатывают древесные опилки и отходы при разделке леса для получения целлюлозы? Что называют сульфитными щелоками? Какой их состав? Из каких отдельных операций состоит производство спирта из сульфитных щелоков? Почему производят нейтрализацию сульфитных щелоков смесью извести и мела, а не одной известью? Как устроен нейтрализатор и как производить нейтрализацию? Для чего дают долго отстаиваться щелокам? Для чего щелоки проветривают в особой башне? Что необходимо прибавить к сульфитным щелокам для возможности хорошего сбраживания их? Как ведется брожение сульфитных щелоков по способу Экстрема? Почему способ Ремера носит название «прикрепленного брожения»? Почему отдают предпочтение способу Ремера? Какой баллинг сладкого затора и отбродившего? Чем отличается бражка сульфитных щелоков от хлебно-картофельной? Сколько декалитров спирта можно будет получать ежедневно на заводе, который производит в сутки 40 тонн целлюлозы? В чем недостаток сырого сульфитного спирта? Каков применение может иметь сульфитная барда?

2. Какой химический состав древесины? Чем отличается по составу лиственная древесина от хвойной? Чем отличается метод гидролиза древесины Симонсена от метода Флексига? Как получить из дерева кормовой сахар по способу Бергюса? Годен ли этот сахар для получения спирта? Как ведут производство спирта из древесины по способу Ивна и Томлинсона? Как устроены дигесторы? При каком давлении ведут варку? Сколько времени длится варка? Из каких материалов производят дрожжи? Какой выход спирта из 100 кг сухого вещества древесины? Почему при ведении производства по способу Шоллера выход спирта больше, чем по способу Ивна-Томлинсона, хотя давление пара при варке по обоим способам одинаковое? Сколько перколяторов имеется в батарее Шоллера? Как их загружают? Каково устройство батарей? Что следует добавить к сладкому древесному соку, чтобы успешно шло брожение? Какой выход спирта из центнера сухого вещества древесины по способу Шоллера и по способу Лесохимического научно-исследовательского института? Чем отличается последний способ от способа Шоллера? Какой торф пригоден для производства спирта? Какой состав торфа? Какой выход спирта из торфа по опытам Курбатова? Почему не имеется производства спирта из торфа на спиртзаводах?

ГЛАВА XVII

Получение глицерина, ацетона и бутилового спирта путем брожения

ПОЛУЧЕНИЕ ГЛИЦЕРИНА

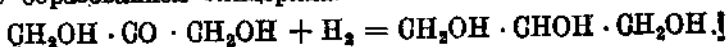
Способ «протол»

Глицерин представляет бесцветную прозрачную жидкость, сладковатого вкуса, имеющую температуру кипения 290°C . По строению молекулы он трехатомный спирт формулы $\text{—CH}_2\text{OH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CH}_2\text{OH}$. Глицерин имеет широкое применение в технике, а именно: в кожевенной, текстильной, бумажной, химической, полиграфической, парфюмерной и пищевой промышленности и в медицине и т. д., а также в деле обороны, так как из него изготовляют взрывчатые вещества: нитроглицерин и динамит.

Обычно глицерин получается на жироперерабатывающих заводах расщеплением жиров, представляющих собой соединения жирных кислот и глицерина. Расщепление жиров производят различными способами и получают, с одной стороны, смесь жирных кислот—стеариновой, пальмитиновой и олеиновой, а внизу чана, в котором производится расщепление, остается смесь глицерина с водой, не смешивающаяся с жирами. Глицерин отгоняют перегретым паром температуры $220\text{—}230^{\circ}\text{C}$ и затем очищают перегонкой под вакуумом.

Во время империалистической войны Германия была лишена жиров, и производство глицерина из жиров было прекращено; между тем он был необходим для военных целей. Тогда германские химики стали изучать вопрос о добывании глицерина путем брожения, так как еще Пастер установил, что обычно при спиртовом брожении образуется около 3% (по весу сахара) глицерина. Кошцетин и Людеке и, независимо от них, Нейберг установили, что количество глицерина, получаемое при брожении, может быть увеличено почти в 10 раз, если вести брожение в слабощелочной среде или если прибавлять к бродящему раствору сахара сернистокислые соли.

По теории Нейберга, выделяющийся во время спиртового брожения водород, который обычно восстанавливает ацетальдегид в спирт, при прибавлении сернистокислых солей (образующих с ацетальдегидом прочное соединение), остается свободным и восстанавливает диоксиацетон¹ с образованием глицерина:



¹ См. глава VII.

Исследования Нейберга показали, что при ведении брожения в 10%-ных сахарных растворах возможно из 100 г сахара получить 30—32 г глицерина, если в бродящий сахарный раствор прибавить на 100 г сахара 75 г сульфита (NaHSO_3); но при этом брожение длится до 90 час. Если же прибавить меньшее количество сульфита, то брожение заканчивается за 2-3 суток.

Относительно выхода глицерина и спирта Нейберга сообщает данные, приведенные в табл. 45:

Таблица 45

Выход глицерина, спирта и уксусного альдегида (в процентном отношении к взятому количеству сахара)

Содержание сахара в саторе в %	Прибавление кислой сернистокислотой соли (NaHSO_3) (в процентном отношении к сахару)	В ы х о д в %		
		Глицерина	Спирта	Уксусного альдегида
12,5	20	18—20	32—36	4—5
10	40	26—28	20—23	10—12

Таким путем по способу, названному Конштейном и Людеке «протол», работало во время войны много спиртовых заводов, ведя производство из картофеля. Полученную бражку перегоняли на брагоперегонных аппаратах.

Так как ацетальдегид кипит при $20,8^\circ \text{C}$, необходимо, чтобы он не улетучился, во время сгонки пропускать через холодильник для спирта очень холодную воду.

Барду спиртовые заводы сгущали до 25° Бал и отправляли ее на специальный завод для перегонки и очистки глицерина. На этих заводах прибавляли к барде известь и хлористый кальций для осаждения нерастворимого сернистокислого кальция (CaSO_3), который отфильтровывался посредством фильтр-прессов, спрмыванием водою во избежание потери глицерина.

После этого барду вынашивали в вакуум-аппаратах, причем осаждавшийся по мере сгущения жидкости хлористый натр периодически удаляли, промывая его водою для понижения потерь глицерина.

Из сырого глицерина, содержащего 50—60% глицерина, вторичной перегонкой под вакуумом получали 95%-ный глицерин, который уже был годен для изготовления взрывчатых веществ.

В мирное время такой способ производства глицерина убыточен по сравнению со способом получения глицерина на жироперерабатывающих заводах.

Получение глицерина из кормовой свеклосахарной патоки по способу проф. Головина

Проф. Г о л о в и н, работая в Центральном научно-исследовательском институте сахарной промышленности совместно с П о т а п е н к о над вопросом получения глицерина сбраживанием кормовой свеклосахарной

патоки, нашел способ¹, по которому возможно получить из сахара кормовой патоки 20% глицерина и 28% спирта и альдегида. Способ этот, на который Головин взял патент, он назвал «марганцево-бисульфитный», так как кроме бисульфита он задает в броющий паточный затор, в качестве катализатора, марганцевые соединения.

По этому способу патока разбавляется равным ей объемом теплой воды и кипятится в течение 1 часа с торфяным порошком. При этом выделяются и частично отгоняются летучие органические кислоты, весь затор стерилизуется и качество затора повышается еще и потому, что торф поглощает часть посторонних веществ, вредных для процесса брожения. Затем патока разводится водой до 10—12° Боме, охлаждается до 30° Ц, после чего добавляют питательные соли: сернокислый аммоний, фосфорные соли и пр.

Чтобы вызвать брожение, задают дрожжи трех рас в количестве 5% по весу сахара; для образования глицерина задают бисульфит натрия и кальция и марганцевые соединения. Брожение длится не более 48 час. Глицерин выделяют из барды по вышеуказанному способу. Этот способ получения глицерина выгоднее, чем добывание его из хлебного зерна.

ПОЛУЧЕНИЕ АЦЕТОНА И ЭТИЛОВОГО СПИРТА

В последнее время техника предъявляет требования на другие продукты, которые можно получать путем брожения. К числу таких принадлежит ацетон $\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_3$, представляющий собой бесцветную прозрачную жидкость, с характерным запахом, кипящую при температуре 56,5° Ц. Ацетон в последнее время особенно широко применяется как хороший растворитель смол, при изготовлении лаков для аэропланов; кроме того он применяется для изготовления бездымного пороха, для изготовления хлороформа, иодоформа, как горючее и пр.

Для получения ацетона ведут брожение сахара не посредством дрожжей, а посредством «бациллус мацеранс» (см. глава VIII), которая (без предварительного содействия диастаза солода) обрабатывает крахмал картофельных, хлебных и паточных заторов, с образованием ацетона и этилового спирта. Такой завод действует у нас в СССР.

По этому способу ведут брожение чистой культуры в герметически закрытом чану с мешалкой, как по способу «амило» (см. глава XI).

Так как «бациллус мацеранс» выделяет во время брожения кислоту, которая приостанавливает его размножение, то перед стерилизацией задают в затор тонко измельченный мел, который нейтрализует кислоту, и тогда брожение идет вполне успешно и заканчивается за 6—7 суток.

Процесс брожения в данном случае характерен тем, что реакция разложения сахара идет с образованием газов: углекислоты и водорода, и без выделения тепла. Так как стенки бродильного чана вследствие лучеиспускания охлаждаются, то температура в чану часто опускается так низко, что брожение приостанавливается. Во избежание этого наружные стенки чана делают двойными; между стенками впускают горячую воду, чтобы подогреть бражку, а наружную стенку изолируют.

¹ См. журнал «Сахарная промышленность», 1927 г.

Для лучшего исхода брожения следует, по мнению Фота, задавать «в загор, до посева «бациллус мацеранс», какую-либо бактерию, расщепляющую белок, или же продувать через загор аммиак, который во время процесса брожения может усилить азотистое питание «бациллус мацеранс».

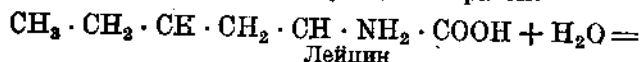
Из 100 кг крахмала получают по этому способу 50—51 л смеси ацетона и этилового спирта, причем отношение количества ацетона к количеству этилового спирта равно 1:2,5.

Ацетон от этилового спирта легко отделить на ректификационном аппарате.

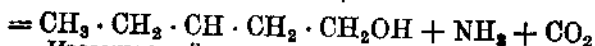
Барда, получаемая по этому способу, вполне пригодна для корма скота.

ПОЛУЧЕНИЕ БУТИЛОВОГО СПИРТА И АЦЕТОНА

Давно известен факт, что полученный сырой спирт содержит всегда 0,2—0,4% сивушных масел, состоящих главным образом из высших спиртов: пропилового, бутилового, амилового и пр. Эрлих объяснил это явление тем, что при жизнедеятельности дрожжей в сахарных растворах в случаях, когда в этих растворах отсутствуют аммиачные соли или другие азотистопитательные вещества, легко усваиваемые дрожжами, последние отщепляют из аминокислот, находящихся в сахарном растворе, аммиак, с образованием высшего спирта, а аммиак расходуется дрожжами для построения новых дрожжевых клеток. Например, образование изоамилового спирта изобразится следующим образом:



Лейцин



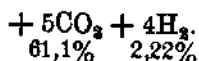
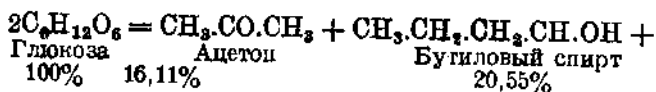
Изоамиловый спирт

Аммиак Углекислота

Амиловый спирт ценится дороже этилового спирта, так как искусно-амиловый эфир, или так называемая «грушевая эссенция», является одним из лучших растворителей для приготовления самых ценных лаков.

Попытки так направить процесс спиртового брожения с дрожжами, чтобы иметь большой выход амилового спирта, не удалась и до сих пор. Но явились методы получения высших спиртов—бутилового и пр. путем сбраживания сахара посредством бактерий. К последним следует отнести бациллу Фруктова и бациллу «бутиликум Типа», выделенную Фернбахом.

Процесс ацетоно-бутилового брожения можно представить следующим уравнением:



61,1% 2,22%

Отсюда видно, что при этом производстве важно утилизировать не только ацетон и бутиловый спирт (так называемые «растворители»), но следовало бы также утилизировать и газы, которые составляют по весу 63%.

Крупные заводы в Америке утилизируют водород для получения саломаса из жидкого растительного масла и углекислоту—для добытия сухого льда.

В США, в Англии, в Канаде и в Индии имеются крупные заводы, перерабатывающие главным образом кукурузу и рис для получения ацетона и бутилового спирта, которые и носят название «растворители», так как они главным образом применяются для изготовления лаков.

Наибольшее распространение получил способ Вейцмана, состоящий в следующем:

Пользуясь тем, что бактерии, действующие на этих заводах и принадлежащие к виду «гранулобактер пектиноворум», относятся к термофильным, выносящим высокую температуру, Вейцман ведет культуру не из одной клеточки, а делает подбор культуры следующим образом.

В 100 колбочек набирают стерильную кукурузную кашку, нагревают до 90—100° Ц; при этой температуре в каждую задают 2% разведенной в воде кукурузной муки, содержащей обычно массу бактерий, и оставляют бродить в течение 4—5 сут. при температуре 35—37° Ц. Из всех 100 колбочек отбирают те колбочки, в которых ясно слышен запах бутилового спирта.

Бактериями этих колбочек пользуются для размножения во второй партии также из 100 колбочек, а именно эти колбочки нагревают в течение 1—2 мин. при 90—100° Ц и их содержимое задают в качестве матки в следующую партию в 100 колбочек со стерильной кукурузной кашкой.

Таким образом изготовляют одну за другой партии в 100—150 колбочек с бактериями, хотя не чистой культуры, но вызывающими энергичное бутиловое брожение.

Для приготовления большой заводской матки на заводе, где бродильный чан имеет емкость в 90 000 л, Вейцман стерилизует сначала кукурузную кашку из 100 кг муки и 1500 л воды в течение 3—4 час. при температуре 130—140° Ц и заражает ее культурами бактерий, заготовленными вышеуказанным способом. Азотистонапитательные вещества задают в эту матку только тогда, когда перерабатывают очень бедный азотистыми веществами материал; при переработке кукурузы Вейцман в этом необходимости не видит.

Брожение идет при температуре 35—36° Ц; оно начинается уже через 5—10 часов после задачи матки и заканчивается за 48 час., часто еще раньше.

Заготовление 1600 л матки с бутиловыми бактериями задают в кукурузный затор слабой концентрации, но с емкостью, большею первого в 10 раз; через 24 часа, когда этот затор сбродил, он поступает в большой бродильный чан для возбуждения в нем брожения. Через несколько дней бутиловые бактерии становятся столь энергичными, что брожение заканчивается за 30—40 час.

Бактерия, получаемая по способу Вейцмана, энергично бродит в течение первых 24 час., причем бутилового спирта и ацетона образуется очень мало, но в бродящем заторе идет все время накопление кислоты; только после достижения определенного максимума

кислоты начинается образование бутилового спирта и ацетона, причем постепенно падает кислотность до $0,4^{\circ}$ Дельбрюка.

Этот момент накопления максимума кислоты обыкновенно считают наиболее выгодным для задачи матки в малый промежуточный затор.

В заторах, содержащих 3 — 7 кг риса на 100 л затора, весь процесс брожения с образованием ацетона и бутилового спирта длится 30—40 час.

Бактерии Вейцмана весьма чувствительны к инфекции, и если таковая попадет в чан, то иногда не получают ни ацетона, ни бутилового спирта.

Инфекция может быть занесена сырым материалом и отчасти из воздуха.

Ввиду этого сырой материал, поступающий на завод, сначала тщательно очищают от грязи и пыли, затем основательно стерилизуют самые чаны для брожения, все трубы и весь затор, строго наблюдая за тем, чтобы инфекция не могла проникнуть внутрь чана до того момента, пока в нем не образовался максимум кислоты; тогда инфекция уже не так опасна.

Для достижения этого брожения ведется в чанах такой же конструкции, как и по способу «амило» (см. главу XI) и сама работа производится по тому же принципу, дающему возможность вести стерильное брожение.

Чтобы инфекция не могла проникнуть внутрь бродильного чана до достижения максимума кислотности, вдувают в него над жидкостью фильтрованный стерильный воздух, поддерживая внутри чана все время давление выше атмосферного.

По методу Вейцмана получают из 100 кг риса 8 кг ацетона, 16 кг бутилового спирта и около 30 м³ газовой смеси, которая состоит из почти равных объемов вод. рода и углекислоты.

Французский инженер Рикар выделил из сточных вод боев бактерию, названную им «бациллус бутиликус Б. Ф.» и имеющую большое преимущество перед бактериями Вейцмана.

Если готовить заторы, содержащие 8 кг кукурузы на 100 л и прибавить к ним матку из культуры этой бактерии в количестве 2% по отношению к объему затора, то заторы сбраживают сполна за 28 — 30 час.

Бактерия Рикара очевидно более энергична, так как она сбраживает заторы в более короткий срок. В течение первых 14 час. она образует кислоту до $1,9-2,1^{\circ}$ Дельбрюка, затем количество кислоты падает до $0,6^{\circ}$ Дельбрюка.

Задача в затор определенной чистой культуры делает производство по способу Рикара более стойким по отношению к хорошим выходам продукции.

По патенту Рикара 100 кг крахмала дают выход в 12 — 13 кг ацетона, 25 — 26 кг бутилового спирта, около 2 кг спиртов низшего порядка (чем бутильный), 2 см³ водорода и 29 кг углекислоты, т. е. выход продукции почти в $1\frac{1}{2}$ раза больше, чем по способу Вейцмана. Пока нет еще сообщений из практики, действительно ли выхода продукции на заводе совпадают с сообщенным в патенте.

ВОПРОСЫ

1. Почему при добавлении к бродящему хлебокартофельному затору сульфита получается глицерин? Как получить глицерин из кормовой патоки по способу Головина? Какой он применяет катализатор? Как выделить глицерин из барды?

2. Для чего ведут производство с добыванием ацетона и бутилового спирта? Какой вид имеет бациллус мацеранс под микроскопом? Как строятся бродильные чаны на заводах, получающих ацетон-этиловый спирт? Какой выход спирта и ацетона из 100 кг крахмала?

Как получить ацетон-бутиловый спирт по способу Вейцмана? Какой получают выход продукции из 100 кг риса? Почему по способу Рикара выход ацетона и бутилового спирта в $1\frac{1}{2}$ раза больше, чем по способу Вейцмана?

ГЛАВА XVIII

Синтетическое получение спирта

Выше были изложены методы получения спирта путем разложения сложных углеводов, находящихся в растительном сырье (аналитические методы), но возможен и другой путь — синтеза, когда спирт будут готовить из простых соединений или элементов, не разлагая их, а соединяя.

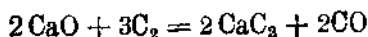
В настоящее время у нас имеются крупные заводы, производящие «синтетический каучук» из спирта; точно так же возможно получать этиловый спирт синтетическим путем, например из каменного угля и извести. Заводы, готовящие спирт этим путем, уже существуют.

Этиловый или винный спирт можно получать синтетически, или химически, пользуясь тремя методами:

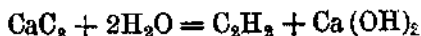
- 1) из карбида кальция;
- 2) из каменноугольных газов;
- 3) из водяного газа.

ПОЛУЧЕНИЕ ЭТИЛОВОГО СПИРТА ИЗ КАРБИДА КАЛЬЦИЯ

Карбид кальция (CaC_2) имеет в настоящее время большое техническое применение. Его готовят на крупных заводах следующим образом: мел (CaCO_3) обжигают в шахтных печах и получают жженную известь (CaO), которую смешивают с коксом и нагревают в электрических печах при высокой температуре в 2800°C , причем образуется карбид кальция и окись углерода:



При действии воды на карбид кальция получается газ — ацетилен и гидрат окиси кальция, или гашеная известь:



Ацетилен (HCCH) представляет собой газ, горящий светлым, ярким пламенем; он применяется для сварки металлов, для освещения. Ацетилен, принадлежа к ненасыщенным углеводородам, очень легко вступает в реакцию с другими веществами. Знаменитый физик и химик Фарадей предложил получать спирт из ацетилена, переводя его сначала в этилен (C_2H_4) и затем в этил-серную кислоту, которая легко, при нагревании с водою, дает спирт.

Реакция идет следующим путем:

1.
$$\begin{array}{ccccc} \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2 & = & \text{C}_2\text{H}_4 \\ \text{Ацетилен} & \text{Водо-} & \text{Этилен} \\ & \text{род} & \end{array}$$
2.
$$\begin{array}{ccccc} \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 & = & \text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{HSO}_4 \\ \text{Этилен} & \text{Серная} & \text{Этил-серная} \\ & \text{кислота} & \text{кислота} \end{array}$$
3.
$$\begin{array}{ccccccc} \text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{HSO}_4 + \text{H}_2\text{O} & = & \text{C}_2\text{H}_5 \cdot \text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \\ \text{Этил-серная} & \text{Вода} & \text{Этиловый} & \text{Серная} \\ \text{кислота} & & \text{спирт} & \text{кислота} \end{array}$$

Чтобы получить этил-серную кислоту, следует действовать на этилен крепкой серной кислотой, а чтобы разложить этил-серную кислоту, необходимо нагреть ее с большим количеством воды. При перегонке смеси получаем в парах спирт; остается очень сильно разбавленная серная кислота, которую необходимо выпаривать, чтобы получить снова крепкую серную кислоту, годную для образования из этилена этил-серной кислоты.

Расход серной кислоты так велик, что способ этот как невыгодный не нашел практического применения.

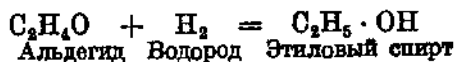
Завод Лонза, в Швейцарии, вырабатывал несколько лет синтетический спирт из карбид кальция, но другим путем, который заключается в следующем:

Ацетилен, полученный из карбид кальция, сначала очищают, промывая его через растворы медных, свинцовых, хромовых солей; затем получают из него ацетальдегид, для чего пропускают ацетилен, при постоянном размешивании, через горячий слабый раствор серной кислоты в присутствии катализатора — ртутных солей; реакция идет по формуле:



Пары ацетальдегида (кипит при 20,8° Ц) и избыток ацетилена уходят в холодильник (температуры 0—10° Ц), причем ацетальдегид сгущается, а ацетилен уходит в сборник.

Жидкий ацетальдегид приводят в движение и пары его пропускают совместно с водородом в сосуд, в котором находится на поверхности пористого тела катализатор в виде тонко осажженного никеля. Реакция идет по формуле:



Реакция эта идет с выделением тепла, и потому этиловый спирт получается в виде паров; получается смесь, состоящая из паров этилового спирта, ацетальдегида и водорода, которые уходят в холодильник с температурой 0—10° Ц. Смесь этилового спирта и альдегида поступает на ректификацию, где происходит их разделение.

Способ этот лучше предыдущего и по нему заводы действовали, пока спирт, в течение нескольких лет. В конце концов эти заводы закры-

лись, потому что спирт из карбида кальция оказался дороже, чем спирт из картофеля и зерна. Это видно из следующего сопоставления.

Для получения 100 л абсолютного спирта необходимо затратить:

По синтетическому способу

Карбида кальция 200 кг и водорода 60 м³ для чего требуется:

При производстве спирта из Картофеля

Известняка	360 кг
Каменного угля для обжига известняка	45 »
Кокса для получения карбида кальция	130 »
Электроэнергии для карбидной печи	800 квт/час
Электроэнергии для получения 60 м ³ водорода	400 »

Каменного угля	100 кг
Картофеля	900 »

Таким образом для синтетического способа требуется каменного угля на 75 кг больше, чем при производстве спирта из картофеля, затем 360 кг известняка и 1 200 квт/час электроэнергии.

Фот приводит следующий расчет: если 200 кг карбида кальция израсходовать не для получения 100 л спирта, а для получения цианмида кальция, которым удобрить землю под картофель, то урожай картофеля с 1 га увеличится на 5 000 кг, между тем как для производства спирта требуется только 900—1 000 кг картофеля; кроме того для производства спирта из картофеля не требуется такого большого количества электроэнергии. Следовательно, синтетический способ получения спирта из карбида кальция с точки зрения интересов народного хозяйства, по сравнению со способом производства спирта из картофеля, при таких затратах сырых материалов (угля и электроэнергии) еще недостаточно рентабелен.

ПОЛУЧЕНИЕ СПИРТА ИЗ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ГАЗОВ

На коксовых заводах, получающих кокс из каменного угля, выделяющийся газ имеет приблизительно следующий состав (% объема):

Этилен	2,25	Водород	53,9
Метан	26,5	Кислород	0,5
Оксид углерода	6,4	Азот	7,0
Углекислота	3,4		

Этилен (C_2H_4), содержащийся в выделяющемся на коксовых заводах газе в количестве около 2,25%, может служить исходным материалом для производства спирта. Для этого каменноугольный газ сначала очищают от дегтя, аммиака, бензола, сероводорода и промывают толодной крепкой серной кислотой для просушки.

Способ этот разработали химики Тау и Вертельсман. Он основан на том, что, обрабатывая этилен крепкой серной кислотой, получают этилсерную кислоту, которую разлагают водой (см. стр. 253).

Тау и Вертельсман изучили условия получения этилсерной кислоты из этилена и установили, что для этой реакции наиболее благоприятной температурой следует считать 70° Ц.

При этой температуре серная кислота поглощала 68% всего этилена, а при 60° Ц — только 62%; при температуре выше 70° Ц поглощение может достигнуть 79%, но при этом выход спирта сильно понижается вследствие распада образовавшейся этил-серной кислоты; например при 100° Ц выход спирта составляет только 73% того выхода, какой имеется при температуре 70° Ц.

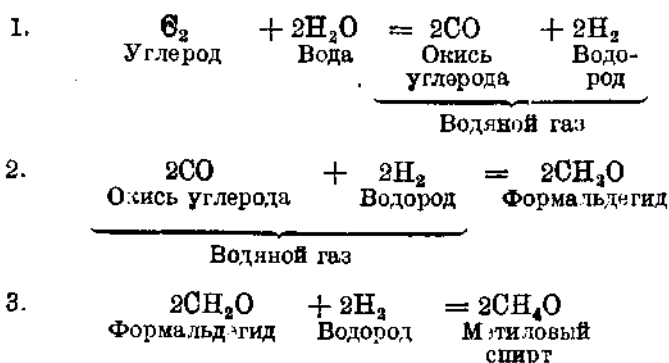
Что касается количества воды, которое следует прибавить к этил-серной кислоте перед отгонкой из нее спирта, то, по их опытам, следует дать не менее 300% воды. При сокращении количества воды ниже этого часть спирта переходит в эфир $(C_2H_5)_2O$.

Из 1 м³ каменноугольного газа получают высший выход 20,67 г безводного спирта, а так как 1 000 кг каменного угля дают 283 м³ газа, то выход спирта из 1 т каменного угля составляет 5,85 кг, или 7,36 л безводного спирта.

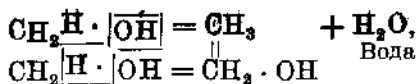
Сами изобретатели Тау и Бертельсман считают пока этот метод добытия спирта мало выгодным, так как при нем имеется крупная затрата топлива: на подогрев газа и серной кислоты до температуры 70° Ц, для отгона спирта из разбавленной водой этил-серной кислоты и для выпаривания остающейся слабой серной кислоты. Оспособ этот нуждается в дальнейшей проработке.

ПОЛУЧЕНИЕ СПИРТА ИЗ ВОДЯНОГО ГАЗА

Если в топке с раскаленным каменным углем пропускать над поверхностью угля водяные пары, то образуется газовая смесь, состоящая из окиси углерода и водорода (водяной газ). С помощью катализаторов возможно получить из водяного газа формальдегид, а из последнего метиловый спирт. Реакции идут по следующим уравнениям.



Метиловый, или древесный, спирт по этому способу получают с 1923 г. на заводе Лейна, близ Мерзебурга, в крупных размерах. Получаемый спирт расходуется главным образом как моторное топливо. Теоретически возможно из метилового спирта получить этиловый спирт путем соединения двух молекул первого и отщеплением частицы воды по уравнению.



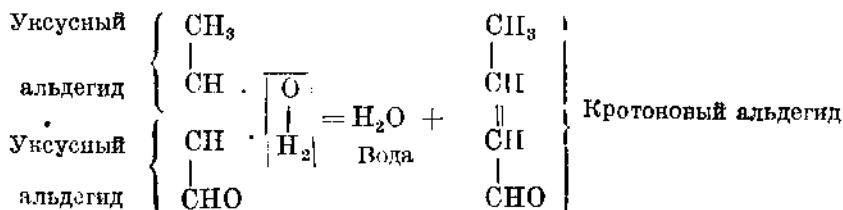
Метиловый спирт Этиловый спирт

по практически эта задача еще не решена.

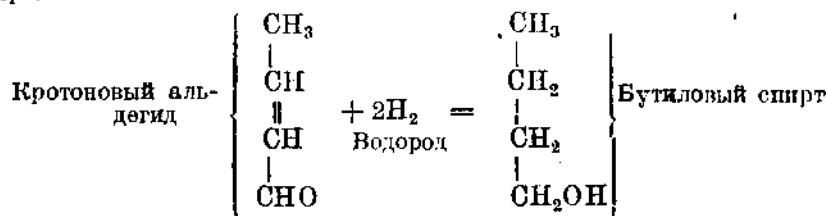
ПОЛУЧЕНИЕ БУТИЛОВОГО СПИРТА ИЗ КАРБИДА КАЛЬЦИЯ

Синтетическим путем возможно получить не только метиловый и этиловый, но и высшие спирты, например: бутиловый, и такое производство, как сообщает Ф о т, уже фактически существует.

В основу этого производства положена идея, что получаемый из карбида кальция уксусный альдегид имеет свойство уплотняться, конденсироваться, образуя высшие соединения. Например получаемый из карбида кальция уксусный альдегид (см. стр. 253), содержащий 2 атома углерода, уплотняясь, дает кротоновый альдегид, содержащий 4 атома углерода.



При пропуске через кротоновый альдегид струи водорода в присутствии катализатора происходит восстановление альдегида в бутиловый спирт.



Заводы, вырабатывавшие раньше из карбида кальция этиловый спирт, перешли на изготовление бутилового спирта в больших размерах. Бутиловый спирт, как уже указано выше, имеет большое применение как прекрасный растворитель для получения лаков.

ВОПРОСЫ

1. Какие Вы знаете способы добывания синтетического спирта?
2. В чем состоит способ добывания спирта из кальция карбида; из этилена?
3. Почему эти способы невыгодны?
4. Как получают бутиловый спирт из карбид кальция?

ГЛАВА XIX

Перегонка бражки

ПРОСТАЯ ПЕРЕГОНКА И ЕЕ ЗАКОНЫ

Получаемая на заводе бражка содержит нерастворимые твердые части и воду, спирт, экстрактивные вещества, углекислый газ, находящиеся в растворе. Когда впускают в бражку пар и нагревают ее, прежде всего выделяется углекислый газ, а затем, когда жидкость закипит, — смесь паров воды и спирта. Хотя вместе со спиртом выделяется целый ряд побочных соединений, но количество их так незначительно, что их присутствие оказывает очень малое влияние на процесс перегонки. Так как спирт кипит при $78,3^{\circ}\text{C}$, а вода — при 100°C и так как скрытая теплота спирта равна 205 кал., в то время как скрытая теплота воды — 544 кал., то спирт выпаривается из смеси гораздо скорее, чем вода. Когда испарится несколько больше половины бражки, в ней уже спирта нет, поэтому дистиллат, или отгон, из бражки содержит всегда больший процент спирта, чем первоначальная бражка.

Оставшаяся после отгона спирта жидкость (барда) содержит почти все питательные вещества, бывшие в сыром материале, за исключением использованного для производства спирта крахмала, и представляет богатый корм для скота.

Пар для перегонки бражки введен впервые в заводской практике Перье в Ирландии в 1822 г. До него перегонку производили на голлом огне в кубах, конструкция которых изображена на рис. 150.

В кирпичную кладку вмазан медный куб *A*, под которым разводится огонь на колосниковой решетке.

В кубе имеется отверстие *a* для налива бражки, а над ним имеется шлем *B*, который задерживает перебрасывание жидкости в холодильник.

Выделившиеся при кипячении пары отводятся в медный змеевик *C*, находящийся в деревянном чану *D*, в котором холодная вода движется снизу вверх. Пары сгущаются и в виде готового спирта вытекают из нижнего конца медного змеевика.

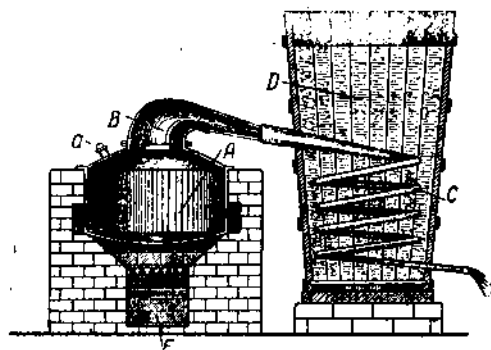


Рис. 150. Перегонный куб для простой перегонки бражки.

При такой простой перегонке получается слабый спирт, хотя значительно крепче, чем первоначальная бражка; из бражки, содержащей 10% спирта, получают отгон, содержащий 32,7% спирта; затем при второй перегонке этого отгона получают уже дистиллат:

При 2-й перегонке получают	58,3% спирта
» 3-й » »	74,8% »
» 4-й » »	83,2% »
» 5-й » »	87,3% »

Таким образом при пятикратной простой перегонке можно получить довольно крепкий спирт.

В настоящее время употребляют для перегонки более совершенные аппараты, которые дают возможность сразу и непрерывно получать из бражки, содержащей 7—10% спирта, спирт содержащий 90—96% абсолютного (100%-ного) спирта.

Чтобы понять и управлять этими сложными аппаратами, необходимо раньше изучить законы простой перегонки.

Закон температур

Закон температур состоит в следующем. Вода кипит при 100° Ц, абсолютный спирт при 78,3° Ц, смесь же этих двух жидкостей кипит при температуре ниже 100° Ц и выше 78,3°¹, причем смесь с определенным процентным содержанием спирта имеет твердо установленную температуру кипения.

Например, по Гренингу (табл. 46), бражка, содержащая 8% объема спирта, кипит при 93,9° Ц, а содержащая 40% — при 84,1° Ц, 80% — при 79,9° Ц, 85% — при 79,5° Ц.

Этот закон имеет важное значение для практики. Он дает возможность регулировать работу на очень сложных аппаратах, имеющих более 60 отделений или тарелок. Приведем следующий пример. Опытом было установлено, что сложный брагоректификационный аппарат работает хорошо и нормально, когда термометр или, как иначе его называют, «тальпотасиметр» на ректификационной колонне показывает 85° Ц. Вдруг аппаратчик замечает, что температура повышается до 88° Ц. Аппаратчик понимает, что если температура увеличилась, следовательно на аппарате много воды и мало спирта и необходимо увеличить количество спирта, поступающего на аппарат, иначе крепость его еще более снизится.

Если наоборот температура упала до 82° Ц, то это доказывает, что на аппарате большой запас спирта и что количество спирта, поступающее на аппарат, следует уменьшить, иначе он может частично уйти в канализацию вместе с отходящей водой.

Таким образом закон температур дает возможность узнать, что происходит внутри очень сложного аппарата, и облегчает руководство работой этого аппарата.

¹ Как ниже будет указано, это правило верно для спиртовых смесей, содержащих не выше 97,2% объем. спирта.

Закон крепостей

Закон крепостей также несложен. Он состоит в следующем: спирт более летуч, чем вода, и при кипячении водно-спиртовой смеси, содержащей не больше 97,2% объемн. абсолютного спирта, в спиртовых парах, выделяющихся из кипящей спиртовой жидкости, содержится всегда больший процент спирта, чем имеется в самой кипящей жидкости. При этом определенному процентному содержанию спирта в жидкости соответствует строго определенное процентное содержание спирта в парах.

Так, по Гренингу, спиртовая жидкость, содержащая:

Спиртовая жидкость содержит спирта—объемн. %	При кипении выделяются пары, содержащие спирта—объемн. %
8	52,3
40	82,3
60	87,3
80	90,6
85	91,5

Оба эти закона дают возможность установить, сколько процентов абсолютного спирта содержат спиртовые пары в любом месте сложного большого аппарата. Вставив в этом месте точный термометр, можно по таблице Гренинга узнать, сколько процентов спирта имеет кипящая жидкость; по той же таблице можно узнать, сколько процентов спирта содержится в парах.

По последнему закону следует, что если в тарелке с кипящей спиртовой жидкостью не меняется процент спирта в жидкости, то все время остается неизменным и процент спирта в парах. Если например на верхнюю тарелку бражной колонны насос все время накачивает бражку, содержащую 8% спирта, а снизу поступает столько паров, что жидкость все время находится в кипении, то, по Гренингу, из этой тарелки выделяются спиртовые пары, содержащие 52,3% объемн. спирта. Если же будет поступать бражка, содержащая 6% спирта, то спиртовые пары будут иметь крепость 46,7% объемн. (см. табл. 46).

Вместе с тем видно, что при повторной перегонке возможно быстро укрепить спирт.

Таблицы Гренинга, Деница, Сореля и Бергштрема

Первую капитальную работу по выяснению температуры кипения водно-спиртовой смеси и крепости паров, выделяющихся при кипячении, провел Гренинг; его таблицу дополнил Дениц (табл. 46). При рассмотрении таблицы видно, что здесь имеются данные только для водно-спиртовых жидкостей, содержащих спирта от 1 до 90% объемн., при чем указано, как меняется температура кипения при повышении крепости кипящей спиртовой жидкости на 1%. Из таблицы также видно, что изменения в температуре кипящей жидкости и в крепости спиртовых паров происходят более резко в слабых спиртовых жидкостях, чем в крепких. Так при повышении крепости кипящей жидкости от 1% объемн. спирта

**Зависимость температуры кипения водно-спиртовой смеси и крепости паров по
Гренингу с дополнениями Демица**

Температура кипения в ° Ц	Процент спир- та в жидкости		Процент спирта в па- рах		Температура кипения в ° Ц	Процент спир- та в жидкости		Процент спирта в па- рах	
	Объем.	Вес.	Объем.	Вес.		Объем.	Вес.	Объем.	Вес.
99,0	1,0	0,8	13,0	10,5	83,3	46,0	38,8	84,1	78,4
98,2	2,0	1,6	28,6	23,5	83,1	47,0	39,7	84,3	78,7
97,4	3,0	2,4	35,0	29,0	83,0	48,0	40,7	84,6	79,0
96,6	4,0	3,2	39,9	33,3	82,9	49,0	41,6	84,8	79,3
95,9	5,0	4,0	43,4	36,5	82,8	50,0	42,5	85,1	79,6
95,2	6,0	4,8	46,7	39,5	82,7	51,0	43,5	85,3	79,9
94,5	7,0	5,6	49,8	42,3	82,6	52,0	44,4	85,5	80,2
93,9	8,0	6,4	52,3	44,7	82,5	53,0	45,4	85,7	80,4
93,3	9,0	7,2	54,5	46,8	82,4	54,0	46,3	86,0	80,7
92,6	10,0	8,0	57,2	49,4	82,3	55,0	47,3	86,2	81,0
92,1	11,0	8,9	59,0	51,2	82,1	56,0	48,3	86,4	81,2
91,5	12,0	9,7	60,8	53,0	82,0	57,0	49,2	86,6	81,5
91,1	13,0	10,5	62,4	54,6	81,9	58,0	50,2	86,9	81,8
90,6	14,0	11,3	64,0	56,2	81,8	59,0	51,2	87,1	82,0
90,2	15,0	12,2	65,4	57,7	81,7	60,0	52,2	87,3	82,3
89,7	16,0	13,0	66,8	59,1	81,6	61,0	53,2	87,5	82,5
89,3	17,0	13,8	68,0	60,4	81,5	62,0	54,2	87,6	82,7
89,0	18,0	14,6	69,2	61,6	81,4	63,0	55,2	87,8	83,0
88,6	19,0	15,4	70,3	62,8	81,3	64,0	56,2	88,0	83,2
88,3	20,0	16,3	71,3	63,9	81,2	65,0	57,3	88,2	83,4
87,9	21,0	17,1	72,1	64,8	81,2	66,0	58,3	88,3	83,6
87,7	22,0	17,9	73,0	65,7	81,1	67,0	59,3	88,5	83,8
87,4	23,0	18,8	73,7	66,5	81,0	68,0	60,4	88,6	84,0
87,1	24,0	19,6	74,4	67,3	80,9	69,0	61,4	88,8	84,2
86,9	25,0	20,5	75,1	68,1	80,8	70,0	62,5	89,0	84,4
86,6	26,0	21,3	75,8	68,8	80,7	71,0	63,6	89,1	84,6
86,4	27,0	22,1	76,4	69,5	80,6	72,0	64,6	89,3	84,8
86,2	28,0	23,0	77,0	70,2	80,5	73,0	65,7	89,4	85,0
86,0	29,0	23,8	77,6	70,8	80,5	74,0	66,8	89,6	85,2
85,7	30,0	24,7	78,1	71,4	80,4	75,0	67,9	89,8	85,5
85,5	31,0	25,6	78,7	72,1	80,3	76,0	69,0	90,0	85,7
85,3	32,0	26,4	79,2	72,7	80,2	77,0	70,2	90,1	85,9
85,1	33,0	27,3	79,7	73,2	80,1	78,0	71,3	90,3	86,1
85,0	34,0	28,1	80,1	73,7	80,0	79,0	72,5	90,4	86,3
84,8	35,0	29,0	80,5	74,1	79,9	80,0	73,6	90,6	86,6
84,7	36,0	29,9	80,9	74,6	79,8	81,0	74,8	90,8	86,8
84,5	37,0	30,7	81,2	75,0	79,7	82,0	75,9	91,0	87,0
84,4	38,0	31,6	81,6	75,5	79,7	83,0	77,1	91,1	87,2
84,2	39,0	32,5	82,0	75,9	79,6	84,0	78,3	91,3	87,4
84,1	40,0	33,4	82,3	76,3	79,5	85,0	79,5	91,5	87,7
83,9	41,0	34,3	82,7	76,7	79,4	86,0	80,7	91,6	87,9
83,8	42,0	35,2	83,0	77,1	79,3	87,0	82,0	91,8	88,1
83,7	43,0	36,1	83,4	77,4	79,2	88,0	83,2	92,1	88,5
83,5	44,0	37,0	83,6	77,8	79,2	89,0	84,5	92,3	88,8
83,4	45,0	37,9	83,8	78,1	79,1	90,0	85,8	92,6	89,2

до 10°/о температура кипения понизилась с 99 до 92,6°/о °С, т. е. на 6,4° С, а при изменении крепости от 80 до 90°/о объем. температура понизилась только от 79,9 до 79,1°С, т. е. всего на 0,8° С.

Точно также заметно, что при низком процентном содержании спирта в кипящей жидкости очень сильно укрепляются отходящие спиртовые пары. Так, при кипячении спиртовой жидкости, содержащей 1—2°/о объемн. спирта, спиртовые пары выделяются с крепостью в 13—14 раз больше, чем первоначальная жидкость; при кипячении спиртовой жидкости, содержащей 40°/о объемн. спирта, выделяются спиртовые пары крепостью в 82,3°/о, т. е. коэффициент укрепления равен только $\frac{82,3}{40} = 2,06$; при кипячении жидкости, содержащей 80°/о объем. спирта, выделяются пары, содержащие 90,6°/о спирта, т. е. коэффициент укрепления равен $\frac{90}{80} = 1,1$.

Этим обстоятельством, т. е. тем, что спиртовые пары, выделяющиеся из жидкости, имеющей 1—2°/о спирта, укрепляются в 13—14 раз, пользуются, чтобы узнать, уходит ли спирт в барду и какое именно количество спирта теряется. Для этой цели отводят пары из барды в холодильник. Если из последнего выходит спиртовая жидкость, содержащая спирта 6°/о, то барда содержит $\frac{6}{13} = 0,5°/о$ спирта.

Сорель проверял данные таблицы Гренинга и нашел в них ряд неточностей. Сорель объяснил это тем, что Гренинг не принял во внимание происходящее укрепление спиртовых паров вследствие дефлегмации; он продолжил также таблицу до крепости спиртовой жидкости 97,6°/о.

Здесь приводится таблица 47, которая показывает соотношение коэффициента укрепления спиртовых паров, выделяющихся из кипящих жидкостей по Гренингу и по Сорелю. Из неё видно, что у Гренинга коэффициенты укрепления несколько выше, чем у Сореля.

Таблица 47

Соотношение коэффициентов укрепления паров в кипящих спиртовых жидкостях по Гренингу и Сорелю.

При содержании спирта в кипящей жидкости в %/о объемн.	Коэффициент укрепления		При содержании спирта в кипящей жидкости в %/о объемн.	Коэффициент укрепления	
	По Гренингу	По Сорелю		По Гренингу	По Сорелю
1	13,00	9,90	55	1,57	1,39
5	8,68	7,15	60	1,45	1,30
10	5,72	5,10	65	1,36	1,23
15	4,36	4,10	70	1,27	1,17
20	3,56	3,30	75	1,20	1,12
25	3,00	2,70	80	1,13	1,08
30	2,60	2,40	85	1,08	1,05
35	2,30	2,02	90	1,03	1,02
40	3,06	1,80	95	—	1,004
45	1,86	1,63	97,6	—	1,000
50	1,70	1,50			

Разница между данными Гренинга и Сореля ярко выступает при графическом изображении этих данных (рис. 151).

На этом графике на горизонтальной оси отложены температуры, а на вертикальной оси—процентное содержание спирта.

Справа, выпуклостью вниз, изображена кривая, показывающая изменение крепости спиртовой жидкости, а с левой стороны, выпуклостью вверх, изображены кривые, представляющие изменение крепостей в парах кипящей спиртовой жидкости по Гренингу и по Сорелю при этом особенно резко выступает разница в высоких крепостях, где у Сореля кривая крепости паров меняет свое направление и от выпуклости вверх переходит к выпуклости вниз.

Кроме Гренинга и Сореля вопрос этот изучал целый ряд ученых: Влахер, Бергштрем, Маргулес, Менделеев и др.

Маргулес рассчитывал данные таблицы математически по своей формуле, а Бергштрем получил свои данные опытным путем.

По мнению Гаусбрандта наиболее близки к истине данные Бергштрема¹.

Табл. 48 дает сравнительные данные четырех исследователей в этой области.

Таблица 48

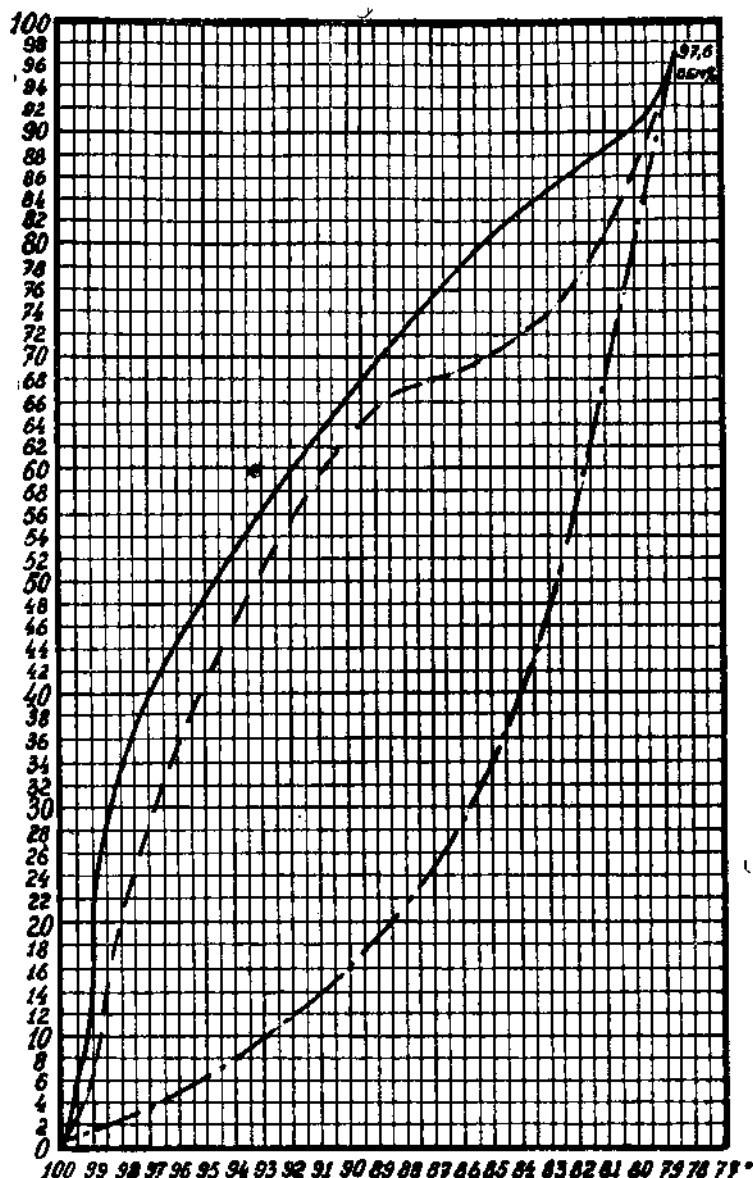
Изменение крепости спиртовых паров, выделяющихся из кипящей спиртовой жидкости по данным [Маргулеса, Бергштрема, Гренинга и Сореля]

Авторы	Крепость спиртовых паров при содержании спирта в жидкости в %, вес								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Маргулес	50,5	65,0	71,7	75,4	78,0	80,0	82,3	85,6	91,4
Бергштрем	51,6	65,5	71,2	74,0	76,7	78,9	81,7	85,5	91,2
Гренинг	57,2	71,3	78,1	82,3	85,1	87,3	89,0	90,6	92,6
Сорель	51,0	66,2	69,3	72,0	75,0	78,2	81,9	86,6	91,8

Из этой таблицы видно, что данные Бергштрема наиболее близки к математическим расчетным данным Маргулеса и недалеки от данных Сореля, но довольно далеки от данных Гренинга. Так как данными этой таблицы приходится пользоваться при расчетах размеров аппарата, числа тарелок в них, то здесь же помещаем табл. 49 содержащую данные Бергштрема.

Смеси спирта и воды подчиняются законам таблиц Гренинга и др. только до критической крепости 95,57% вес. спирта, при которой спиртовая жидкость кипит при температуре 78,15°, т. е. ниже температуры кипения абсолютного спирта, и при которой выделяющиеся из кипящей жидкости пары содержат столько же абсолютного спирта, сколько содержала сама жидкость. Поэтому нет возможности получить перегонкой при обычном давлении спирт крепостью выше 97,2% объемн. или 95,5% вес.

¹ Температура кипения чистого этилового спирта принята Бергштремом в 78,3°, установленная исследованиями Юнга, в то время как Гренинг, Сорель, Дюма считали ее равной 78,40 Ц.



— СОДЕРЖАНИЕ СПИРТА В ПАРАХ ПО ГРЕНИНГУ
 --- " " ПО СОРЕЛЮ
 -.-.- СОДЕРЖАНИЕ СПИРТА В ИСПЯЩЕЙ ЖИДКОСТИ

Рис. 151. Кривые крепостей спирта при простой перегонке по Гренингу и Сорелю.

Зависимость между содержанием спирта в жидкости и содержанием спирта в парах по Бергштрему (в вес. %)

Спирт в жидкости	Спирт в парах	Спирт в жидкости	Спирт в парах	Спирт в жидкости	Спирт в парах
95	95,0	58	78,4	21	66,3
94	94,2	57	78,2	20	65,5
93	93,4	56	78,0	19	64,5
92	92,6	55	77,8	18	63,5
91	91,9	54	77,5	17	62,4
90	91,2	53	77,3	16	61,2
89	90,5	52	77,1	15	60,0
88	89,8	51	76,9	14	58,6
87	89,2	50	76,7	13	57,0
86	88,6	49	76,4	12	55,5
85	88,0	48	76,2	11	53,6
84	87,5	47	75,9	10	51,6
83	87,1	46	75,7	9,5	50,4
82	86,5	45	75,4	9,0	49,2
81	85,95	44	75,2	8,5	47,8
80	85,5	43	74,9	8,0	46,3
79	85,0	42	74,6	7,5	45,0
78	84,6	41	74,3	7,0	43,3
77	84,2	40	74,0	6,5	41,5
76	83,8	39	73,8	6,0	39,8
75	83,5	38	73,6	5,5	38,0
74	83,1	37	73,4	4,5	33,5
73	82,7	36	73,1	4,0	31,2
72	82,4	35	72,8	3,5	28,5
71	82,0	34	72,5	3,0	26,3
70	81,7	33	72,2	2,5	22,5
69	81,3	32	71,9	2,0	18,5
68	80,9	31	71,6	1,5	14,75
67	80,6	30	71,2	1,0	10,5
66	80,3	29	70,8	0,8	8,72
65	80,0	28	70,5	0,7	7,77
64	79,8	27	70,0	0,6	6,78
63	79,6	26	69,5	0,5	5,7
62	79,3	25	69,0	0,4	4,52
61	79,1	24	68,4	0,3	3,36
60	78,9	23	67,7	0,2	2,22
59	78,7	22	67,0	0,1	1,1

Перегонка под разрежением

Перегонка спиртовой жидкости идет в согласии с таблицей Бергштрема (табл. 49), если она происходит при давлении, близком к атмосферному, и при температуре, близкой к 80°C . Но Барбе в своих опытах показал, что если производить перегонку в аппарате не под атмосферным давлением, а под разрежением, так чтобы внутри аппарата было давление 0,17 абс. атм., или 100 мм ртутного столба (абс. атм. = 760 мм ртутного столба и температура перегонки была бы 39°C , то летучесть спирта сильно возрастет; вода со слабым спиртом стекает вниз, а спирт без воды направляется вверх, что дает возможность получить абсолютный спирт крепостью 99,6%.

СЛОЖНАЯ ПЕРЕГОНКА (УКРЕПЛЕНИЕ СПИРТОВЫХ ПАРОВ)

Описанный выше способ пятикратной повторной перегонки бражки не только хлопотлив и отнимает много времени, но также требует очень большого расхода топлива. Этот способ перегонки мало по малу совершенствовался; сначала от одного перегонного куба перешли к двум кубам; при этом нижний нагревали огнем; выделяющиеся из нижнего куба спиртовые пары приводили в кипение бражку в верхнем кубе, причем получался дистиллат более крепкий, чем при одном кубе. Когда в нижнем кубе оставалась барда, не содержащая спирта, ее спускали в чан для барды, слабую бражку из верхнего куба спускали в нижний куб, а в верхний куб наливали свежую бражку.

При этом расход топлива был меньше, чем при одном кубе.

Затем от двухкубового аппарата перешли к еще более выгодному — трехкубовому, в котором кубы расположены ступеньчатообразно (см. рис. 169). Затем кубы стали ставить друг над другом в одном вертикальном ряду, а отсюда перешли к форме ныне существующих вертикальных аппаратов, имеющих 12—15 бражных отделений и действующих так, что на верхнюю тарелку непрерывно накачивают насосом бражку, а внизу с самой нижней тарелки непрерывно стекает барда, лишенная спирта.

На этих аппаратах получают непосредственно из бражки, содержащей 6—10% спирта, сырой спирт, крепостью в 90—92% и выше.

Укрепление спиртовых паров на брагоперегонных аппаратах достигается помощью двух процессов: ректификации и дефлегмации, которые необходимо подробно изучить.

Процесс ректификации¹

Процессом ректификации называют последовательное кипячение спиртовой жидкости на тарелках спиртовыми парами, движущимися снизу вверх через жидкость на тарелках. При этом внутри аппарата получают два потока, движущиеся навстречу друг другу: спиртовые пары, движущиеся вверх, и бражка или водо-спиртная смесь, движущаяся вниз. Спиртовые пары выходят всегда из тарелки с высшим содержанием

¹ Ректификацией спирта в технике называют процесс очистки сырого спирта, содержащего 0,3% примесей (альдегидов, эфиров, кислот, сивушных масел) до их содержания равного 0,001%, так как эта очистка спирта осуществляется главным образом с помощью процесса ректификации.

спирта, чем вошли в нее, и потому, двигаясь вверх, они все более и более укрепляются; бражка, или спиртовая жидкость, отдавая постоянно часть своего спирта поднимающимся парам, по мере движения вниз, становится все беднее спиртом. Имеются ректификаторы для бражки, содержащей, кроме спирта и воды, грубые твердые части: кожуру, солому, куски картофеля, дерева, песок и пр., а также ректификаторы для смеси спирта и воды.

РЕКТИФИКАТОРЫ ДЛЯ БРАЖКИ

(Тарелки одинарного и двойного кипячения)

Бражная колонна большей частью имеет круглое сечение и представляет собой вертикально стоящий цилиндр, разделенный горизонтальными перегородками на отдельные части (см. рис. 152). Эти горизонтальные перегородки называют либо тарелками, либо днищами. На каждой тарелке имеется слой бражки, через который должны пройти движущиеся снизу спиртовые пары для того, чтобы кипятить бражку. На рис. 152 изображены тарелки одинарного кипячения в колонне. Обычно тарелку устраивают следующим образом. Вырезают круглый медный лист, диаметр которого на 5 см больше внутреннего диаметра колонны, и отгибают вниз кругом всего листа бортик, шириной в 2,5 см. Этим бортиком днище, или тарелка прочно приклепывается и припаивается к стенке колонны. В центре тарелки вырезают круглое отверстие для прохода спиртовых паров, причем кругом отверстия загибают вверх лист, чтобы образовать высокую горловину или шейку. Притекающая сверху по трубе, не доходящей до дна тарелки, бражка разливается по тарелке и образует кольцеобразный слой между стенкой колонны и горловиной.

Чтобы заставить спиртовые пары, поднимающиеся снизу вверх, проходит через толщу бражки и чтобы кипятить ее, центральная горловина накрыта колпаком, край которого не доходит до дна. Пары, как указано стрелкой, входят в горловину и, встречая колпак, заграждающий им дорогу, проходят между колпаком и горловиной (через щель между горловиной и днищем) и кипятят бражку; выделяющиеся из нее пары направляются в горловину следующей тарелки.

Что касается толщины слоя бражки на тарелке, то раньше устраивали аппараты, в которых толщина слоя бражки на тарелке равнялась 90 мм; но такой толстый слой бражки за короткое время пребывания (2—3 мин.) последней на тарелке не успевает хорошо вывариться, а потому в настоящее время ограничиваются слоем бражки толщиной 55—60 мм.

Чтобы иметь постоянно одинаковый слой бражки делают края трубки, через которую излишек бражки сливается на нижнюю тарелку, определенной высоты, равной тоже 55—60 мм. Как только бражки будет больше, избыток ее стечет вниз.

Так как бражка содержит примеси: (песок, солому, шелуху, кожуру и пр.), которые быстро засоряют щели для прохода пара и стока бражки, то щели между колпаком и днищем тарелки и между сточной трубой для бражки и днищем делают в 30 мм. Но и такие крупные щели засоряются

и аппарат сильно понижает свою производительность или вовсе отказывается работать.

Для возможности очистки аппарата устраивают в колонне смотровые отверстия (показанные на рис. 153 и 156), закрываемые навинчиваемой крышечкой; отверстия эти называют регардами.

Чтобы возможно было смыть и спустить с тарелки всю грязь, стакан — на сливной трубе для бражки делают съемным.

Завод Борман и Шведе, в Варшаве, усовершенствовал эти тарелки и устроил так называемые тарелки двойного кипячения. Тарелка двойного кипячения (рис. 153) устраивается следующим образом. Кругом всей стены аппарата приклепывается и припаявается воротник из прочной меди таким образом, что между ним и стенкой образуется проход в 60 мм.

К этому воротнику подвешивается, помощью прочных заклепок, вся тарелка так, что образуется щель, шириной в 30 мм для прохода паров снизу вверх между стеной колонны и тарелкой и между тарелкой и воротником. В центре тарелки имеется

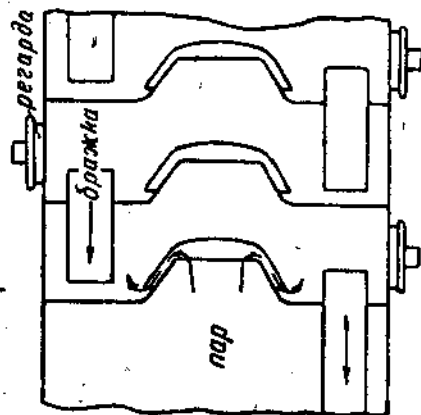


Рис. 152. Колпачные бражные тарелки одинарного кипячения.

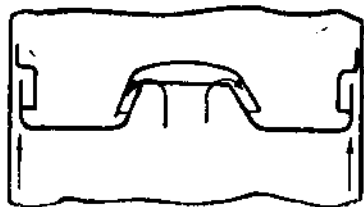


Рис. 153. Бражная тарелка двойного кипячения.

горловины, накрытая колпаком точно так, как на тарелке, изображенной на рис. 152.

Таким образом в этих тарелках спиртовые пары, поднимающиеся снизу вверх в аппарате, входят в тарелку, как это указывают стрелки, с двух сторон; и в центре под колпак, и в периферии кругом стен колонны под воротник. Такая двухсторонняя выварка увеличивает производительность аппарата и делает его работу более совершенной, а потому этим тарелкам следует отдать предпочтение перед тарелками одинарного кипячения.

На рис. 154 изображена в разрезе и плане тарелка чугунного аппарата Кузнецова и Алексева. Воротник кругом стенки составляет со стенкой одну неразрывную часть.

К нему подвешивается помощью 6 болтов самая тарелка, которая сделана толщиной в 8 мм.

Колпак, нижние края которого имеют в диаметре 750 мм, прикреплен к тарелке помощью четырех болтов так, что между нижним краем его и дном тарелки остается проход для пара, шириной в 30 мм.

Верхние края горловины выше дна тарелки на 95 мм, а вставной медный стакан в сливной трубе для бражки на 55 мм. Между краем кол-

пака, где выходит пар для проваривания бражки, и краем воротника имеется кольцо бражки, шириной только в 180 мм, так что проварива-

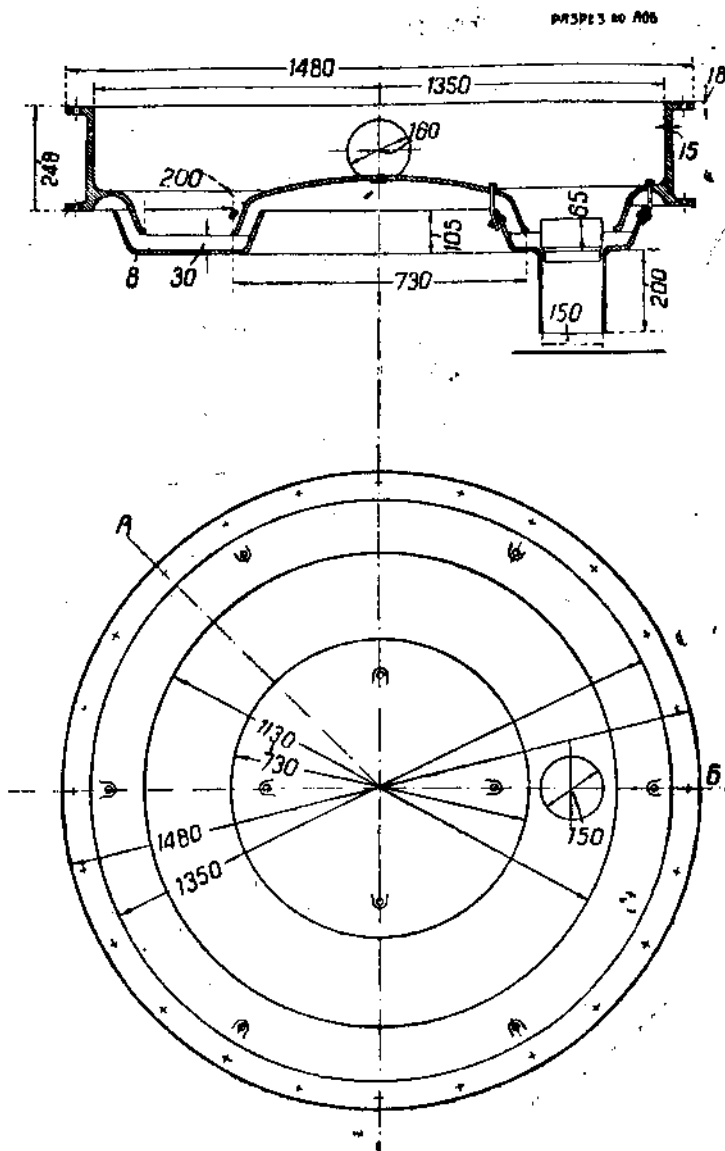


Рис. 154. Бражная тарелка двойного кипячения аппарата Кузнецова и Алексеева в разрезе и плане.

ние бражки проходит очень энергично, и поэтому аппарат имеет большую производительность.

РЕКТИФИКАТОРЫ ДЛЯ СМЕСИ ВОДЫ И СПИРТА

Ситчатые тарелки Савалля. Если на тарелке ректификатора кипит смесь спирта и воды, в которой нет совсем твердых частей, то слой жидкости на тарелке может быть равен только 25—30 мм.

Очень хорошую тарелку для таких жидкостей сконструировал Савалль (рис. 155).

Днище *a* представляет собой ровное горизонтальное сито, отверстия которого имеют в диаметре 3—3,5 мм, а центры отверстий расположены друг от друга на расстоянии 10 мм.

На этих дырчатых тарелках, или ситах, стоит слой спирта, толщиной в 25 мм. Он не проваливается сквозь отверстия в тарелке, потому что давление внутри аппарата больше атмосферного; если закрыть пар и давление внутри колонны делается равным атмосферному, то со всех ситчатых тарелок жидкость быстро падает вниз. Тарелка эта хороша тем, что отверстия для прохода пара расположены равномерно по всей тарелке и потому выварка идет тоже равномерно, чего трудно достигнуть в колпачных тарелках. На сите имеется сливная трубка, край которой поднят над тарелкой на 25 мм так, что как только толщина жидкости на тарелке будет выше 25 мм, излишек ее стекает по сливной трубке в нижнюю тарелку в чашечку *e*, а из последней на тарелку. Здесь важно достигнуть того, чтобы пары проходили только через отверстия сита, а не шли через сливную трубу; для этого и имеется чашечка; жидкость, находящаяся в ней, служит гидравлическим затвором, который препятствует парам, идущим снизу вверх, проходить через сливную трубу.

Сита действуют только тогда хорошо, когда аппарат стоит строго вертикально и все сита впаены горизонтально. Если сито стоит косо и слой жидкости на нем с одной стороны будет 5 мм, а с другой—40 мм, то спиртовые пары устремятся туда, где они встречают меньшее сопротивление, т. е. там, где слой в 5 мм, погон будет хорошо вывариваться, там же, где 40 мм, он совсем не будет вывариваться.

Точно также очень плохо будет работать колпачная тарелка, если колпачок будет приклепан криво, так что с одной стороны щель для прохода паров будет 10 мм, а с другой стороны 45 мм.

Если сливная трубка, отводящая спиртовую жидкость сверху вниз, будет коротка и не дойдет по уровня жидкости на нижней тарелке, то спиртовые пары устремятся в сливную трубу, и работа аппарата будет нарушена.

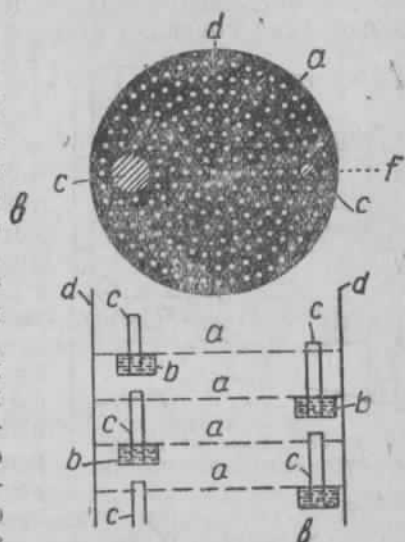


Рис. 155. Ситчатая тарелка Савалля.

Сливная трубка при погружении в чашечку должна не доходить до дна последней на 15—20 мм; если же, вследствие небрежной работы медника, сливная трубка упирается в дно чашечки, так что не имеется свободного выхода для спиртовой жидкости, притекающей сверху, то на верхней тарелке соберется толстый слой жидкости, и аппарат будет работать плохо. Указанное здесь неправильное устройство тарелки и сливной трубки вызывает очень плохую работу не только у ситчатых ректификаторов, но и у колпачных.

Колпачные тарелки для чистых водо-спиртовых смесей. Вышеописанные тарелки одинарного и двойного кипячения для бражки устраивают также и для колонн, в которых сверху вниз течет чистая смесь спирта

и воды, со следующими только изменениями. Так как в таких колоннах нет опасности засорения щелей для прохода паров песком, кожурой, соломой и пр., то в них делают эту щель высотой или шириной только в 15 мм, а слой жидкости на тарелке, или что то же, высота сливной трубочки равна 30 мм.

В а р б е, известный новатор в деле ректификации и создатель непрерывно действующей ректификации спирта, желая, чтобы его колпачная тарелка приближалась к ситчатым тарелкам по совершенству кипячения, устроил на тарелке вместо одного центрального колпака 16—17 маленьких колпаков (рис. 156).

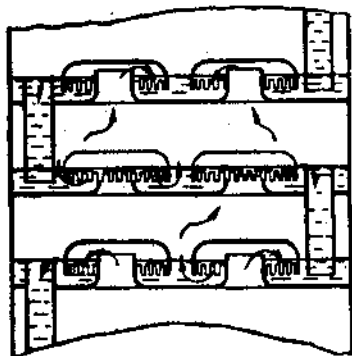


Рис. 156. Тарелка Варбе с зубчатыми колпачками.

Чтобы все колпаки установить строго горизонтально, Варбе штамповал их, делал внизу зубчатые отверстия для прохода паров и устанавливал их зубцами прямо на тарелке (на рисунке показано неправильно).

Устраивают также прямоугольные аппараты с тарелками с узкими щелями, как изображено на рис. 157 в плане и разрезе.

Достоинство такой тарелки заключается в том, что сгущенные спиртовые пары—флегма, входящие в тарелку (на рисунке обозначено слева пунктиром), в одном из углов должны пройти длинный зигзагообразный путь, проходя мимо щелей, из которых выходит пар для ее кипячения.

Неудобство этой конструкции заключается в том, что здесь должна быть очень аккуратная, тщательная работа со стороны медника, чтобы колпак был поставлен над щелью вполне горизонтально, чтобы щель для выхода пара была везде одного и того же поперечного сечения.

Ректификаторы накладные, или поверхностные. И л ь г е с впервые устроил ректификаторы в виде нескольких слоев фарфоровых шариков, лежащих на решетках. Сверху эти толщи шариков поливались спиртовой жидкостью, так что на поверхности шариков образовался тонкий слой жидкости (в 0,1—0,2 мм), снизу вверх поднимались спиртовые пары, которые кипятили этот тонкий слой жидкости на поверхности шариков. Таким путем происходило деятельное укрепление спиртовых паров.

Посредством таких ректификаторов с фарфоровыми шариками Ильгес получал на своих аппаратах спирт крепостью в 95—96°/о абс.

Р а ш и г устраивает такие же ректификаторы, но вместо шариков на-
кидывал над решеткой короткие трубки в виде соединительных муфт
газовых труб; трубки он брал или керамиковые или из нержавеющей ли-
той стали. Его ректификаторы при небольшом диаметре имеют большую
производительность.

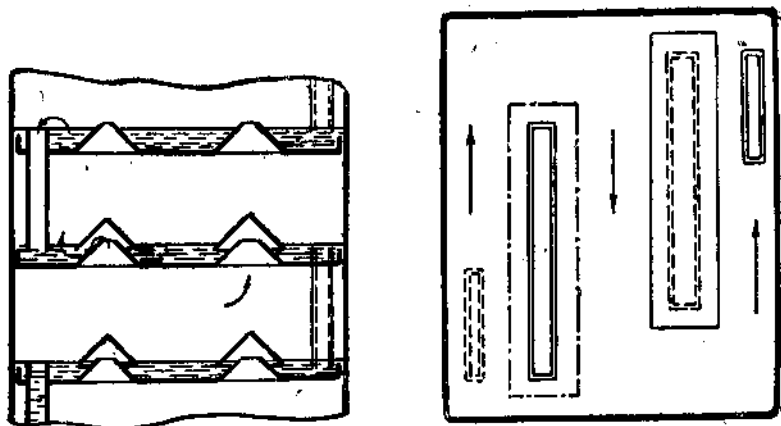


Рис. 157. Прямоугольная тарелка с длинными узкими щелями
(в разрезе и плане).

Укрепление помощью процесса дефлегмации

В брагоперегонных аппаратах для получения сырого спирта бражка
поступает в верхнюю тарелку бражной колонны, и если она содержит
 8% объемн. спирта, то, по Гренингу, из нее выделяются вверх спирто-
вые пары крепостью $52,3\%$.

Но задача аппарата получить спирт крепостью $90-92\%$.

Для этой цели устанавливают выше бражной колонны спиртовую
колонну с 15—16 тарелками, на которых сверху вниз течет крепкая
спиртовая жидкость навстречу поднимающимся из бражной колонны
спиртовым парам. В этой колонне, где на каждой тарелке идет процесс
ректификации (почему колонна и называется «ректификационной»), проис-
ходит укрепление спиртовых паров. Из верхней тарелки колонны выделя-
ются спиртовые пары крепостью около 90% .

Для возможности этого необходимо, чтобы на верхнюю тарелку ректи-
фикационной колонны для ее питания непрерывно поступал крепкий
спирт. Для этой цели выше колонны устанавливают специальный аппа-
рат—дефлегматор, который раньше называли конденсатором.

Сгущенные водяные пары обыкновенно называют к о н д е н с а т о м,
а сгущенные спиртовые пары — ф л е г м о й. Аппарат, образующий
флегму, называют д е ф л е г м а т о р о м. Разница между ним и холо-
дильником для спирта заключается в том, что холодильник конденсирует
все вступившие в него пары и охлаждает их, а дефлегматор конденсирует
на 100 кг спиртовых паров, которые в него вошли, приблизительно $\frac{2}{3}$ —
 $\frac{3}{4}$, а остальная $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ отправляется в виде паров в холодильник. Сгу-
щенная флегма питает, как выше указано, спиртовую колонку.

КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЛЕГМАТОРОВ ПО ЭЛЕМЕНТАМ ОХЛАДИТЕЛЕЙ

В наиболее известном дефлегматоре Савалля охлаждающим элементом является вода, которая дефлегмирует спиртовые пары и сама нагревается. Техника уже давно стремилась к тому, чтобы использовать в качестве охладителя бражку, что особенно выгодно потому, что

таким путем понизится расход пара и топлива. Некоторые изобретатели стремились использовать для этой цели воздух. Ряд систем дефлегматоров и описан далее.

Дефлегматор Савалля. Простейшим дефлегматором является дефлегматор Савалля, изображенный на рис. 158.

Он представляет собой железный цилиндр *G*, в котором кроме верхнего и нижнего съемных днищ имеются еще два вклепанных днища, в которые ввальцованы вертикальные латунные трубки, диаметром около 30 мм, числом приблизительно 150—250 шт.

Спиртовые пары входят по трубе *A* из ректификационной колонны сверху в пространство между трубками, навстречу холодной воде, которая входит снизу по трубе *B*, поднимается вверх внутри трубок и выходит у верхнего днища по трубе *E*.

Спиртовые пары, войдя в пространство между трубками, встречают холодные стенки трубок, дефлегмируются на поверхности их; образующаяся флегма стекает вниз, собирается на нижнем днище и затем по

Рис. 158. Дефлегматор Савалля.

U-образной трубе *C* отводится на верхнюю тарелку ректификационной колонны, а несконденсировавшиеся спиртовые пары уходят в холодильник по трубе *B*.

Дефлегматор Писториуса. На рис. 159 изображен дефлегматор Писториуса, в котором охлаждение производится помощью воды и воздуха. Спиртовые пары из ректификатора поднимаются вверх по трубе *a*; войдя в широкую, пустотелую тарелку, они встречают щит *bb*, который им преграждает дорогу; ударяясь о нижнее днище, охлаждаемое воздухом, пары отчасти конденсируются, и образовавшаяся флегма стекает в ректификатор.

Затем спиртовые пары проходят узкое пространство между щитом и днищем тарелки *dd*, охлаждаемой водой; здесь конденсация усиливается, после чего пары уходят или во вторую тарелку или в холодильник для спирта.

Дефлегматор Бома. Описанные выше дефлегматоры Писториуса и Савалля, в которых конденсация производится водой и воздухом, вышли

из употребления. Большое распространение получил дефлегматор В о м а, в котором конденсация спиртовых паров производится и водой и бражкой. Он показан в вертикальном разрезе на рис. 170, на котором изображен весь аппарат В о м а и обозначен буквой С.

Главную часть дефлегматора составляют два медных цилиндра — стакана, вставленных один внутри другого днищами вниз, так что между их стенками образуется узкое кольцевое пространство, шириной приблизительно в 10 см, внутрь которого вставлен медный змеевик. Через этот медный змеевик бражной насос все время прокачивает бражку, которая входит в змеевик с правой стороны снизу, по трубе S; направляясь по змеевику вверх и выйдя из верхнего днища подогретой, опускается вниз и по трубе S входит на верхнюю тарелку бражной колонны.

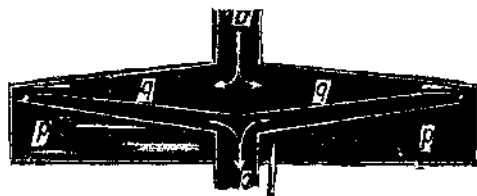


Рис. 159. Дефлегматор Писториуса.

Спиртовые пары идут из ректификационной колонны и по трубе d входят сверху в кольцевое пространство между медными цилиндрами, направляясь вниз и приходя в тесное соприкосновение с бражным змеевиком. При этом бражка, имеющая температуру только 25—30° Ц, нагревается приблизительно до 55—60° Ц, а спиртовые пары конденсируются и в виде флегмы стекают на вогнутое дно большого наружного медного цилиндра и из него по U-образной трубе с флегма стекает на верхнюю тарелку спиртовой колонны.

Так как дефлегмирование спиртовых паров одной бражкой недостаточно для получения нужного количества флегмы для производительной работы аппарата, то В о м а устроил добавочное охлаждение спиртовых паров водой. Для этой цели оба медные цилиндра вставлены внутри железного цилиндрического кожуха со съёмными крышками, наполненного водой.

Холодная вода входит в нижнее днище по трубе g, обмывает поверхность наружного медного цилиндра, по двум соединительным трубочкам проникает внутрь, обмывая внутреннюю поверхность малого медного цилиндра, и выходит из дефлегматора наверху по трубе i. Несгущенные спиртовые пары по трубе e выходят в холодильник для спирта.

Таким образом этот дефлегматор нагревает не только воду, но и бражку, и поэтому с ним расход топлива и воды на перегонку бражки меньше, чем при дефлегматоре С а в а л л и.

Дефлегматор как укрепитель спиртовых паров

Есть ли дефлегматор только конденсатор спиртовых паров для питания ректификационной колонны или же он является также укрепителем спиртовых паров? Этот вопрос долго служил предметом спора. Покойный Меркер несколько раз менял свою точку зрения на этот предмет. Вопрос этот окончательно решил Д е н и к е¹, поставив в большом

¹ См. «Zeitschrift fur Spir. Ind», 1926 г. № 8, 10, 12, 14, 15.

масштабе весьма остроумно продуманные опыты. Последние показали, что при процессе дефлегмации происходит не только конденсация спиртовых паров но и укрепление их. Пары, вступившие в дефлегматор, делятся на две части: на сгущенную флегму, которая содержит меньший процент спирта, и на спиртовые пары, которые содержат высший процент абсолютного спирта. Эта разность между крепостью паров и флегмы тем более, чем слабее перегоняемая жидкость и чем сильнее конденсация паров, как видно из приведенных в табл. 50 данных работы Денике.

Таблица 50

Укрепление спиртовых паров при процессе дефлегмации (по Денике)

Содержание спирта в перегоняемой жидкости в %	Отношение количества сгущенной флегмы к количеству сгущаемых спиртовых паров	Содержание спирта в %	
		в флегме	в нестуженных спиртовых парах
9,4	1 : 2 1 : 1 1 : 0,5	21,5 31,3 37,6	58 59,5 62,4
30	1 : 2 1 : 1 1 : 0,5	65,8 71,0 73,0	80,1 80,9 82,0
70	1 : 2 1 : 1 1 : 0,5	83,8 85,0 87,2	87,7 88,1 89,9
80	1 : 2 1 : 1 1 : 0,5	87,7 88,3 89,3	90,1 90,3 91,2

Принципы, которыми надлежит руководствоваться для правильного суждения о совершенстве работы дефлегматора

Этим вопросом занимался Пампе, который установил, что для более совершенной работы дефлегматора необходимо, чтобы его оборудование удовлетворяло следующим трем условиям:

- 1) спиртовые пары и охлаждающие их жидкости (вода и бражка) должны двигаться навстречу друг другу;
- 2) спиртовые пары и образуемая ими флегма должны двигаться навстречу друг другу;
- 3) образующаяся флегма должна передвигаться от более холодного места к более тепловому.

Рассмотренные выше дефлегматоры Савалля и Бома не удовлетворяют всем этим условиям.

Дефлегматор Савалля удовлетворяет только первому условию, но не удовлетворяет ни второму, так как и флегма, и пары движутся вниз по

одному направлению, — ни третьему, так как флегма передвигается к тому месту, где входит холодная вода. В настоящее время многие предприятия переделывают эти дефлегматоры, чем значительно улучшают работу аппарата. Для этой цели устраивают вход спиртовых паров в центре дефлегматора так, что они идут снизу вверх; а выход бражки и воды устраивают сверху, направляя их вниз, при этом, чтобы бражка и вода заполняли дефлегматор целиком, поднимают выходную трубу в виде хобота вверх. Так как в сообщающихся сосудах жидкость находится на одном уровне, то змеевик будет целиком заполнен бражкой, так же, как дефлегматор — водой.

При такой переделке дефлегматор Бома удовлетворяет всем трем условиям Пампе.

Дефлегматоры новейшей конструкции, или дефлегматоры-ректификаторы

Дефлегматор Вагенера. Новатором в этой области был завод Вагенера, в Германии, который сконструировал брагоперегонный аппарат, имевший в спиртовой колонне вместо 15 тарелок только 2 тарелки и дававший, однако, спирт, крепостью в 90% объем., благодаря новейшей конструкции дефлегматора, в котором не только шел процесс конденсации и дефлегмации, но также происходил деятельный процесс ректификации (рис. 160).

Дефлегматор Вагенера представляет собой прямоугольный узкий и высокий ящик. Для охлаждения и конденсации спиртовых паров Вагенер применил воздух, воду и бражку. Чтобы лучше использовать охлаждающее действие воздуха, он делает наружные стенки дефлегматора не гладкими, а зигзагообразными, а чтобы внутри дефлегматора шел не только процесс дефлегмации, но и ректификации, Вагенер первый укладывает холодно-водяные и бражные трубы не вертикально, а горизонтально. Вместо спиртовых тарелок с толстым слоем жидкости в 25—30 мм он устраивает при бражных трубах и при выступах наружной стенки дефлегматора узенькие в 3—4 см полочки с слоем жидкости только в 0,5—1,0 мм. Поднимающиеся непосредственно из колонны спиртовые пары, идя зигзагом между стенками и четырехугольными бражными трубами, дей-

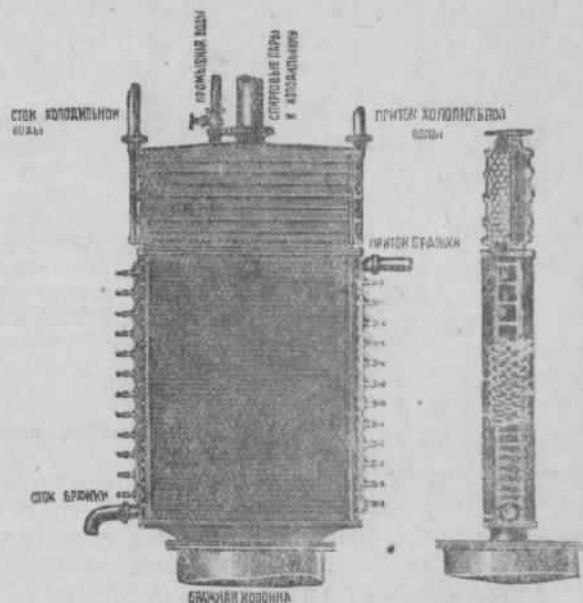


Рис. 160. Дефлегматор Вагенера.

тельно вываривают тонкий слой флегмы, образовавшийся на полочках вследствие дефлегмирующего действия бражки и воздуха, т. е. на полочках идет деятельный процесс ректификации.

Чтобы усилить дефлегмирующее действие, Вагнер выше бражных труб укладывает 15 горизонтальных рядов водяных труб, лежащих друг над другом в шахматном порядке.

Дефлегматор этот удовлетворяет всем требованиям Пампе. Здесь не только вода и бражка движутся навстречу друг другу, но и стекающая флегма движется навстречу парам, подвигаясь чем дальше, тем все к более теплomu месту. Бражка сильно нагревается и имеет при выходе температуру в 72°C .

Дефлегматор Авенариуса. Авенариус значительно упростил устройство дефлегматора Вагнера, чем удешевилась стоимость его изготовления. Вместо четырехугольных бражных труб с полочками он укладывает горизонтально круглого сечения бражные трубы, но не одну, а 4 шт. в одном

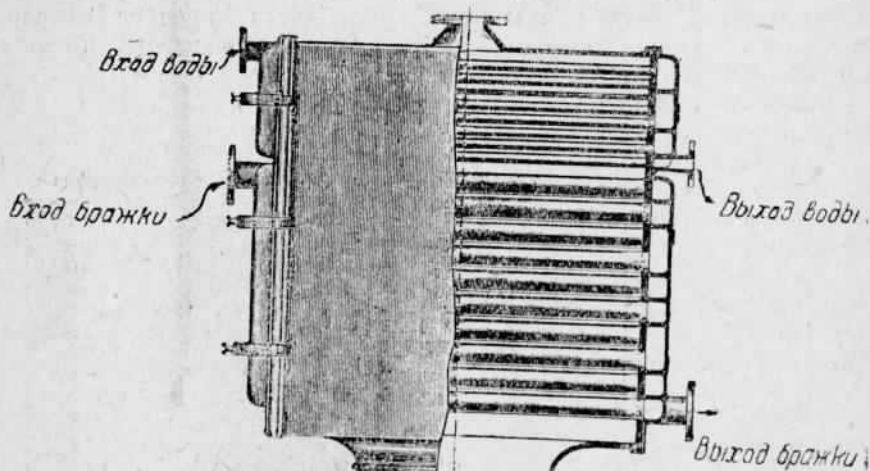


Рис. 161. Дефлегматор Авенариуса.

ряду и этим просто увеличивает и поверхность дефлегмации, и поверхность ректификации. Кроме бражных труб, он, по образцу Вагнера, устраивает над бражными трубами горизонтальные водяные трубы (рис. 161). Вместо загзагообразных стенок он делает гладкие стенки.

Дефлегматор Авенариуса действует так же хорошо, как и дефлегматор Вагнера.

Дефлегматор Гольцерн-Гримма. Дефлегматор Гольцерн-Гримма, изображенный на рис. 162, отличается от дефлегматора Авенариуса тем, что в нем трубы не ввальцованы каждая отдельно, а устроены в виде секций из 9 труб, которые вытягиваются целиком. Устройство это интересно тем, что дает возможность очистить трубы снаружи от налета грязи, которая вместе с маслом отлагается вследствие того, что смазочное масло попадает вместе с отработанным паром машины и насосов в бражку.

Дефлегматор Кузнецова и Алексеева. Дефлегматор Кузнецова и Алексеева по устройству весьма близок к дефлегматору Авенариуса. В нем

бражная часть так велика, что для хорошего подогрева бражки почти не приходится пользоваться водяной частью дефлегматора.

Благодаря превосходной конструкции дефлегматора аппараты Кузнецова и Алексеева (см. рис. 173) дают малую трату пара и топлива.

Величина дефлегматоров

Чтобы дефлегматор справлялся с своей задачей—не только поставлять флегму, но и производить ректификацию спирта, он должен иметь достаточную поверхность охлаждения.

Практически считают, что на каждые 100 кг производительности бражки аппарата в час дефлегматор должен иметь общую поверхность охлаждения в 5 м².

Холодильники для спирта

Спиртовые пары из дефлегматора поступают в холодильник, где их необходимо целиком сконденсировать и затем расхолодить до 10° Ц. Для расхоложивания употребляют холодильники трех разных конструкций:

- 1) цилиндрические двухстенные, так называемые «кюллеры»;
 - 2) трубчатые;
 - 3) змееобразные,
- а также комбинацию тех и других.

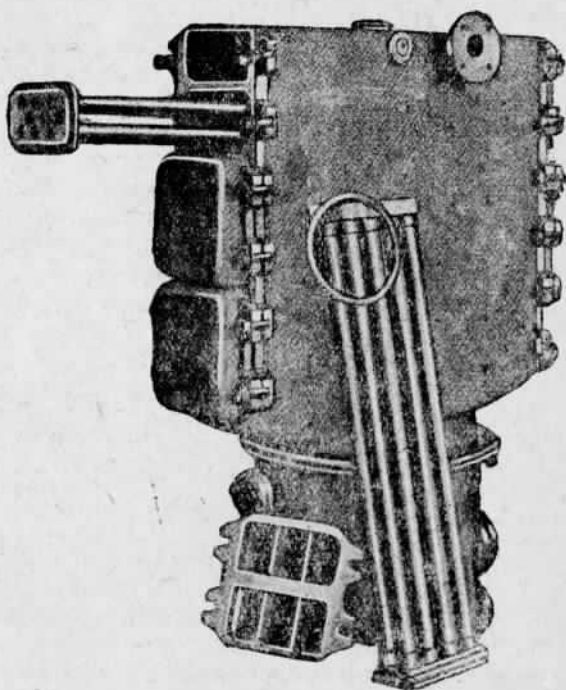


Рис. 162. Дефлегматор Гольцерн-Гримма.

Цилиндрические холодильники или кюллеры

Цилиндрический холодильник изображен на рис. 163, а также и на рис. 170, 171.

Он представляет собой два узких (высота = 5 диаметрам) длинных цилиндра, из которых один вставлен внутрь другого, так что между ними образуется узкое кольцевое пространство в 40 — 50 мм, причем оба цилиндра обращены днищами вверх.

Нижние края обоих цилиндров наглухо спаяны.

Спиртовые пары входят сверху в кольцевое пространство между обоими цилиндрами и направляются вниз.

Чтобы пары медленно двигались между цилиндрами, между последними впаивают ленту, которая обернута кругом малого цилиндра винтообразно и заставляет пары двигаться вниз не по короткой вертикальной линии, а по длинной—винтовой.

Оба цилиндра вставлены внутрь железного цилиндра—кожуха, имеющего снизу и сверху съемные крышки.

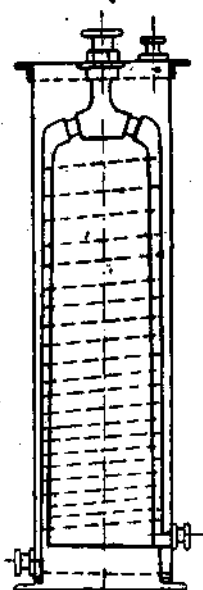


Рис. 163. Цилиндрический двухстенный холодильник для спирта «Кюллер».

Вода входит снизу, двигается вверх, кругом обоих медных цилиндров, и выходит через штуцер на верхней крышке. Чтобы цилиндрический холодильник исправно действовал, необходимо соблюдать следующие условия.

а) Вода, входя в кюллер, равномерно должна распределяться, идя равными частями во внутреннем цилиндре и кругом наружного цилиндра.

Если вода входит, как указано на рис. 163, в центре нижнего днища, то необходимо установить над входным отверстием для воды железный зонтик, который, преграждая воде путь прямо вертикально вверх, заставлял бы ее двигаться кругом обоих цилиндров.

б) Поверхности кюллера часто покрываются внутри слизью и тогда плохо холодеят; поэтому холодильник должен быть снабжен сверху и снизу лазейками, посредством которых возможно помощью брандспойта хорошо помыть холодильник.

в) Следует установить отдельную воду для холодильника и отдельно для дефлегматора. Общая холодильная вода часто мешает

хорошей работе и холодильника, и дефлегматора.

г) Чтобы вода правильно циркулировала в дефлегматоре и холодильнике, необходимо, чтобы на водяной трубе, сейчас же после выхода из них, была припаяна труба для отвода воздуха выше водяного бака.

Трубчатые холодильники

Трубчатый холодильник (рис. 164) представляет длинный узкий железный цилиндр (высота=5 диаметрам), в котором, кроме верхнего и нижнего съемных днищ, имеются еще два наглухо заделанных днища: в последние ввальцованы вертикально стоящие латунные холодильные трубы.

Вода входит внизу между обоими днищами и направляется вверх внутри трубок.

Такой путь для воды выбирается потому, что грязь и накипь, осевшие на внутренней поверхности трубок, легко вычистить.

Спиртовые пары входят внутрь холодильника сверху и двигаются между трубками вниз в обратном направлении к движению воды. Что-

бы спиртовые пары двигались медленнее кругом водяных труб, внутрь холодильника вставляют несколько дниц, заставляющих пары проходить через холодильник сверху вниз зигзагообразно.

Змееобразные холодильники

Во многих случаях, особенно если спирт отбирают в жидком виде и его необходимо расхолодить только до температуры $8-10^{\circ}\text{C}$, применяют холодильники в виде медного змеевика, как это делает Барбе в своих аппаратах. Барбе для лучшей утилизации холодильной воды вставляет в один железный кожух несколько змеевиков.

Комбинация холодильников разных конструкций

Холодильники трубчатые очень хороши для конденсации паров; кюлеры и змеевики очень хороши для понижения температуры в жидком спирте; поэтому очень часто устраивают комбинацию тех и других, устанавливая сначала трубчатый холодильник, а затем либо кюлер, либо змеевик.

Величина холодильника.

Как уже указано выше, наиболее благоприятная конструкция кюлеров и трубчатых холодильников будет та, при которой высота в 5 раз больше диаметра; что касается до поверхность охлаждения, то для случаев, когда надо раскладывать пары, поверхность охлаждения должна составлять 4 м^2 на каждые 100 л спирта часовой производительности аппарата.

Бардной регулятор

Для исправной работы непрерывно действующего брагонерегонного аппарата необходимо не только, чтобы на аппарате был постоянный приток барды, но чтобы был также организован настоящий непрерывный сток барды; также должен быть контроль над тем, чтобы с бардой не уходил спирт. Впрочем достичь того, чтобы барда совершенно не содержала спирта, чрезвычайно трудно. Обычно считают допустимым, чтобы в ней было $0,015\%$ спирта.

Для той цели устанавливают бардной регулятор, главное назначение которого — регулярно выпускать барду из нижнего отделения аппарата, а не выпускать пара, иначе была бы большая утечка пара и топлива.

Бардной регулятор (рис. 165), а также на рис. 170 с левой стороны у основания брагонерегонного аппарата, где он обозначен буквой Е, представляет собой цилиндр (диаметром равным приблизительно диа-

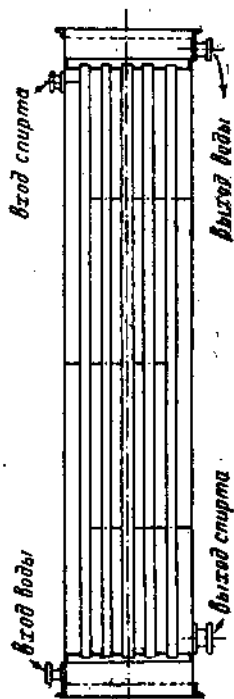


Рис. 164. Трубчатый холодильник для спирта.

метру аппарата), внутри которого плавает пустотелый поплавок. К нему прикрепляется снизу клапан, закрывающий отверстие для выхода барды. Регулятор действует следующим образом.

Барда из аппарата непрерывно притекает в регулятор. По мере притока жидкости поплавок поднимается все выше, и наконец сила, подталкивающая поплавок, так возрастает, что открывает клапан и барда начинает выходить в чан для барды; но как только часть барды сошла, поплавок снова падает, и клапан закрывает выход барды, раньше чем по этой трубе начнет выходить пар.

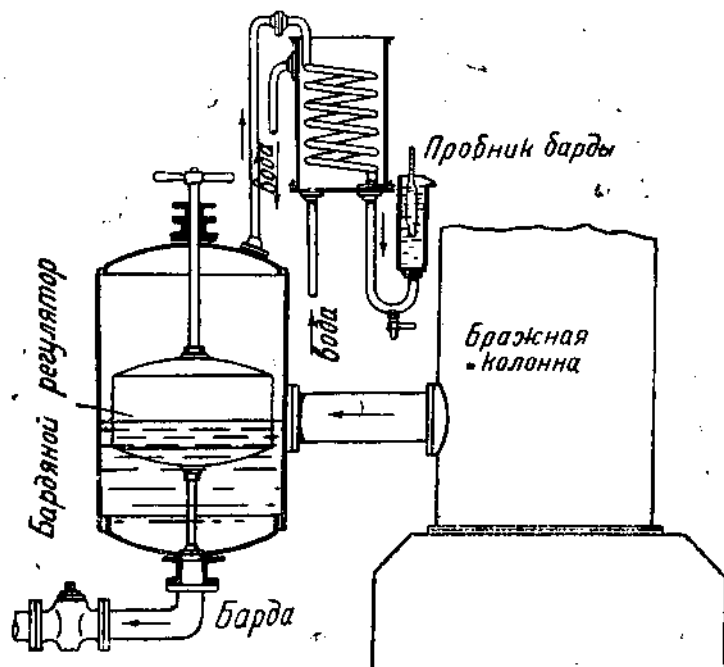


Рис. 165. Бардный регулятор с поплавком и пробник барды.

Для правильной работы клапана необходимо, чтобы он не ерекашивал, поэтому его стержень имеет сверху направляющую, аковой служит сальник.

На рис. 165 изображен еще пробник для барды, т. е. прибор, показывающий, сколько процентов спирта содержат пары, выделяющиеся из нижнего бардного отделения аппарата. Как видно из рисунка, в узенькой трубочке, выходящей из крышки бардного регулятора, часть паров отводится в холодильник с холодной водой. Пары, проходя по зеевику, лежащему в холодной воде, конденсируются, охлаждаются и выходят в фонарь, в котором плавает спиртомер-поплавок.

Согласно таблице Гренинга, при кипячении жидкости, содержащей около 1% спирта, крепость паров будет в 13—14 раз больше так что, если поплавок показал 0,5% спирта, то барда на самом деле содержит $0,5 : 13 = 0,04\%$ спирта.

На малых заводах устанавливают вместо регулятора барды с поплавком простую U-образную трубу, у которой глубина колена равна 2 м.

Вследствие того, что на брагоперегонном аппарате давление пара всегда ниже водяного столба в 2 м, барда стекает, но пар выйти не может, так как в колене всегда остается часть жидкости, которая служит гидравлическим затвором и не дает пару выйти.

За регулятором обыкновенно устанавливают на бардяной трубе кран. Если в пробнике для барды оказался спирт, то кран этот закрывают, уменьшают число оборотов бражного насоса, прибавляют приток пара в нижнее бардяное отделение и только тогда открывают кран для выпуска барды, когда пробник спирта покажет нуль.

Когда останавливают аппарат на несколько часов, кран этот на бардяной трубе следует закрывать, особенно на аппаратах с ситчатыми тарелками, на которых при закрытии пара весь спирт сит падает вниз и попадает в барду.

При пуске аппарата сначала пускают пар и вываривают колонну до тех пор, пока пробник барды покажет нуль, тогда только открывают кран для спуска барды.

Устройство для впуска пара в аппарат

Для правильной работы аппарата важно, чтобы правильно было оборудовано нижнее бардяное отделение брагоперегонного аппарата, где происходит выпуск пара для выварки барды.

Чтобы не было постоянного колебания слоя жидкости в спиртовом фонаре, необходимо в нижнем бардяном отделении иметь толстый слой жидкости, который принимал бы удар входящего пара. Обыкновенно делают слой жидкости в 180—200 мм; такую именно высоту должен иметь стоящий в центре стакан для спуска барды (рис. 166 и 170).

Глухого впуска пара не делают, потому что при таковом наружная поверхность паровой трубы быстро покрывается толстым слоем нагара и труба становится мало теплопроводной. Обыкновенно пар входит в жидкость непосредственно через ряд отверстий. Для этой цели или служит труба с отверстиями в виде барбатера, как показано на рисунке,

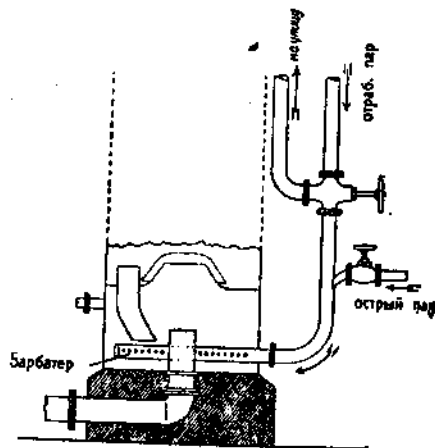


Рис. 166. Устройство для впуска пара в аппарат.

или же в центре устанавливают цилиндрический колпак; в верхнее днище колпака входит впускная паровая труба, а в нижней части боковой поверхности колпака делают ряд отверстий для выхода пара в жидкость. Выварка барды производится главным образом отработанным паром от машины и насосов; в случае если этого пара не хватает, пускают острый пар из парового котла.

Труба для впуска отработанного пара должна иметь более широкий диаметр, чем труба для прямого пара из котла. Последний (пар) должен входить в трубу для отработанного пара так, чтобы он подталкивал, ускорял движение отработанного пара, как показано на рисунке 166, но чтобы он не входил под прямым углом, наперерез отработанному пару.

Как колпак, так и барбатор должны быть крепко прикреплены ко дну, иначе они будут сорваны ударом пара.

Сборник для пара с регулятором системы Бормана

Как указано было выше, аппаратчик при работе аппарата забирает сначала отработанный пар от машины и насосов, а затем уже острый пар из котла. Количество отработанного пара и давление его — на спиртовом заводе величины очень непостоянные, скачущие то вверх, то вниз. Так, когда выдувают запарники Генце, машина сильно загружена; после остановки заторного чана для осахаривания машина совсем мало загружена. Когда пускают расхолаживать затор, машина опять сильно загружена. По окончании расхолаживания нагрузка машины сильно падает. Таким образом на аппаратчика, управляющего аппаратом, возложена сложная задача. Он должен постоянно напряженно следить за повышением и падением давления отработанного пара, чтобы соответственно повышать или понижать выпуск острого пара в брагонерегонный аппарат.

Борман устанавливает сборник, в который поступает и отработанный, и острый пар и в котором помощью регулятора, находящегося на сборнике, устанавливается автоматически постоянное давление, так как регулятор сам добавляет или убавляет количество острого пара, поступающего в сборник так, что в нем имеется постоянное давление. А из этого сборника с постоянным давлением пара последний поступает на аппарат, что значительно облегчает работу аппаратчика, повышает производительность аппарата и понижает потери спирта в барде и лютерной воде.

На рис. 167 представлен общий вид сборника для пара с регулятором Бормана, а на рис. 167а регулятор в вертикальном разрезе.

Регулятор, стоящий наверху сборника *A*, состоит из чугунной коробки *B* с тремя штуцерами *C*, *D* и *H*, из них штуцер *C* доставляет острый пар из котла, штуцер *D* подает пар из сборника в брагонерегонный аппарат, а штуцер *H* служит для отвода лишнего пара из сборника. Конечно его не следует выпускать на двор, а пустить для подогрева либо питательной воды, либо воды для варки зерна. Отработанный пар от машины и насосов входит в сборник по трубе *F*; кран *E* назначен для спуска из сборника конденсационной воды.

Внутри регулятора находится цилиндрический, полый и открытый снизу поршень *O*, имеющий наверху шпиндель, который проходит снаружи сборника через сальник. На этот шпиндель накладывают столько груза из отдельных пластинок *P*, сколько надо, чтобы уравновесить внутри сборника нужное давление, приблизительно в 1,3—1,4 атм.

Поршень *O* тщательно приточен и пришлифован к стенкам коробки; на его боковой поверхности сделаны отверстия так, что при среднем положении его (какое изображено на рис. 167а) отверстия эти стоят как

раз против штуцера *C*, и острый пар через них проникает внутрь сборника, а через штуцер *D* поступает в аппарат смесь отработанного и острого пара. Если упругость пара внутри сборника вследствие поступления острого пара сильно повысится, тогда поршень поднимется, — поднимутся и отверстия его; они станут против глухой стенки, вход острого пара будет закрыт, и в перегонный аппарат будет поступать только отработанный пар.

Если же давление пара внутри сборника от притока одного только отработанного пара поднимется выше нормы (0,5 атм.) то поршень подни-

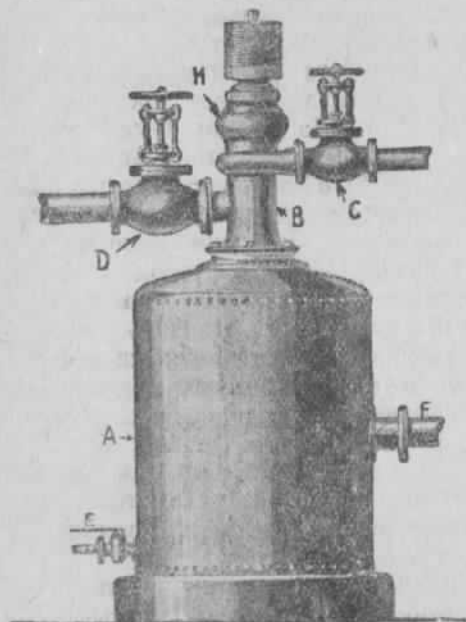


Рис. 167. Общий вид сборника для пара с регулятором Бормана.



Рис. 167а. Регулятор Бормана в вертикальном разрезе.

мется еще выше, отверстия его станут против штуцера *H*, и избыток пара уйдет; когда давление внутри сборника упадет, поршень, под давлением грузов, тоже упадет, и выход пара на двор прекращается.

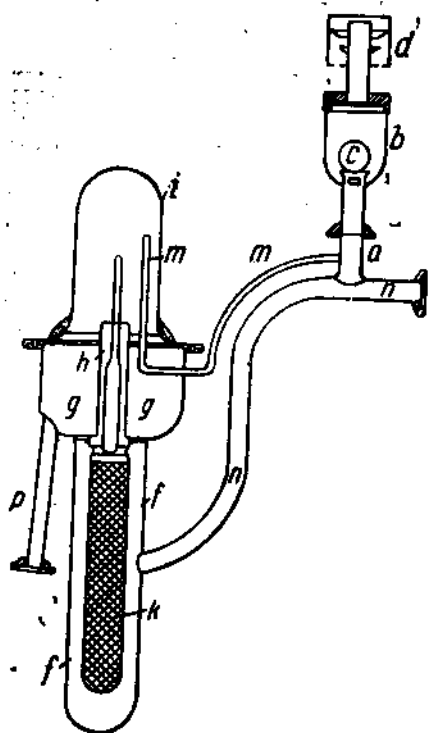
Определение веса гирек, которыми следует загрузить поршень, производится следующим образом: на шпindelь клапана сначала накладывают груз, следуемый по расчету — на каждый 1 см² площади поршня 0,5 кг.

Сначала впускают в сборник по трубе *F*, а из него по штуцеру *B* один отработанный пар. Если для правильной работы аппарата одного отработанного пара недостаточно, то временно открывают выпуск через штуцер *C* острого пара. Когда брагоперегонный аппарат начнет нормально функционировать при ручном управлении, без участия регулятора, тогда начинают постепенно снимать одну за другою излишние наложенные гири, пока клапан начнет самостоятельно подниматься; это служит пока-

зателем, что необходимое для нормальной работы брагонерегонного аппарата давление внутри сборника пара уравнивается нагрузкой гирь на клапан. Тогда открывают сполна и клапан острого, и клапан отработанного пара, и регулятор будет уже сам регулировать постоянство давления внутри сборника пара.

Фонарь с фильтром и воздушником для получаемого сырого спирта

Спирт, получаемый на холодильнике, перед тем как попасть в контрольный снаряд (для точного учета спирта), проходит через фонарь и фильтр, которые необходимы для правильного регулирования работы аппарата (рис. 168). Спирт из холодильника притекает постоянно по



трубе *n*. На самом изгибе трубы устанавливается вертикально воздушная труба *a*, которая отводит выделяющиеся из спирта воздух и углекислый газ. Во избежание злоупотреблений труба *a* прикрыта сверху легким резиновым шариком *s*, который позволяет выходить воздуху и газу, но не дает возможности ввести в *a* посторонний предмет для извлечения оттуда спирта. Исправность воздушника играет большую роль в работе аппарата, так как при плохом отводе воздуха и газов производительность аппарата сильно падает.

Из трубы *n* спирт притекает в вертикальный цилиндр *f*, называемый стояком. Внутри его помещается редкая металлическая сетка *k*, на которую одевают и пришивают шерстяной чулок, который служит фильтром для спирта. Последний должен сначала профильтроваться через чулок, оставляя на его поверхности всю грязь, и только тогда он может попасть в стоячий цилиндр *h*, из которого он по носку сольется в чашку *g*, а из нее по трубе *p* в контрольный снаряд для измерения объема и крепости спирта.

Рис. 168. Фонарь с фильтром и воздушником (для сырого спирта).

Контрольный снаряд представляет собой очень чувствительный прибор, и если в него попадает грязь, он дает очень неверные показания. Чтобы избежать этого, устанавливают фильтр.

Чтобы избежать злоупотреблений со спиртом, чашка *g* накрыта стеклянным колпаком *i*, который заломбирован так же, как и все свертки от холодильника для спирта, до контрольного снаряда включительно.

От воздушной трубы отходит под стеклянный колпак тоненькая воздушная трубка *т*, через которую обычно, при пропуске аппарата, проходят воздух, углекислый газ и спиртовые пары перед выходом спирта в фанарь, направляясь в главную воздушную трубу *а*.

В трубке *h* стойка плавает стеклянный спиртомер, который показывает крепость получаемого спирта, и вставлен термометр, показывающий температуру. Наблюдая постоянно струю спирта, выходящую из стойки по носку, можно установить по наружному виду, когда идет струя нормальной величины и производительности для этого аппарата, когда эта струя очень мала и когда она чрезмерно велика, и соответственно с этим увеличить или уменьшить приток пара на аппарат.

Периодически действующий брагоперегонный трехкубовый аппарат Писториуса

Периодически действующий брагоперегонный аппарат Писториуса (появился в 1817 г.) в настоящее время имеет только историческое значение, так как на наших спиртовых заводах его уже не устанавливают.

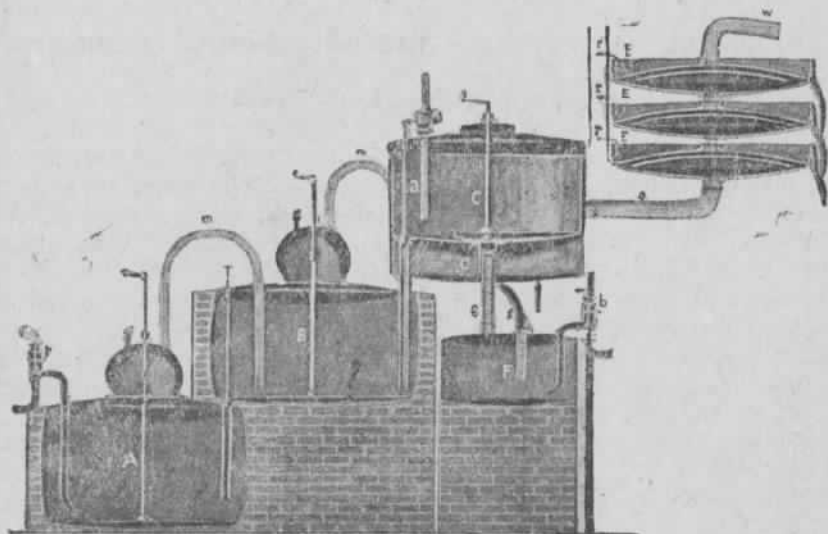


Рис. 169. Периодически действующий брагоперегонный трехкубовый аппарат Писториуса.

Он интересен только для того, чтобы на нем показать, как далеко двинулась техника спиртовой промышленности за последнее столетие.

Он состоит (рис. 169) из трех кубов, расположенных один над другим в виде ступеней. Бражка вступает в верхний чан *С*, здесь она подогревается спиртовыми парами, направляющимися в тарелки дефлегматора; затем спускается во второй куб *В*, в котором она кипятится спиртовыми парами, выделяющимися по трубе *т* из нижнего куба *А*. В

последний поступает пар из парового котла. Когда в кубе *A* бражка уже не будет содержать спирта, тогда спускают из него барду в сборник для барды, а в него нагружают бражку из куба *B*, в котором она уже около $1\frac{1}{2}$ часов кипятилась. В опорожнившийся чан *B* спускают уже подогретую бражку из чана *C*, а в этот последний нагружают по трубе *a* свежую бражку.

Выделяющиеся из куба *B* пары идут в ректификактор, состоящий из одной единственной тарелки и, подогрев здесь бражку в чану *C*, направляются по трубе *S* в три тарелки дефлегматора *E*, *E*, *E*, которые уже раньше были описаны. Из дефлегматора пары по трубе *W* направляются в холодильник для спирта.

Так как в этом аппарате имеется только одна ректификационная тарелка и так как работа на аппарате идет периодически, то получаемый спирт имеет среднюю крепость только в 80%.

Выварка спирта из одного чана длится приблизительно $1\frac{1}{2}$ часа; нагрузка и выгрузка чана длится 30—35 мин.; итого, из 2 час. рабочего времени одна четверть его тратится на загрузку и выгрузку, что делает этот аппарат, с точки зрения производительности завода, весьма невыгодным.

Непрерывно действующие брагоперегонные аппараты

Одноколонный аппарат Бома

Одноколонный аппарат Бома (рис. 170) до последнего времени был самым распространенным. Он состоит из бражной колонны *A* (при ней бардяной регулятор *E*), спиртовой колонны *B*, дефлегматора с бражным змеевиком *C*, холодильника кюллера для спирта *D* и фонаря для спирта *G*.

Бражная колонна *A* состоит из 11 отделений. Бражные тарелки здесь одинарного кипячения.

Расстояние между тарелками делают обычно в 250 мм, только нижнее бардяное отделение, где должен быть глубокий слой жидкости, делается более глубоким, а именно в 0,7 м.

Сливные трубы расположены то слева, то справа, и все имеют вынимающиеся стаканы.

Относительно числа тарелок следует сказать, что 11 далеко недостаточно. Можно и на таком аппарате с 11 тарелками вести сгонку так, чтобы удовлетворить двум основным требованиям, — чтобы спирт имел крепость 90% и чтобы барда не содержала спирта, — но при этом необходимо вести перегонку медленно, т. е. сильно понизить производительность завода.

Чтобы развить наибольшую производительность брагоперегонного аппарата, а следовательно и завода, устанавливают в новейших аппаратах 15 — 17 бражных тарелок.

Затем недостатком этого аппарата являются тарелки одинарного кипячения. Если например диаметр аппарата равен 1 м и диаметр горловины 0,6 м, то линия, по которой пар входит в бражку или, как говорят, «линия барбатажа» равна приблизительно $1 \times 0,6 \times 3,14 = 1,884$ м.

Если тарелка двойного кипячения, то прибавится еще одна щель для прохода пара, диаметром в 0,925 м и длиной в $0,925 \times 3,14 = 2,905$ м, и все живое сечение для прохода пара равняется $1,884 + 2,905 = 4,789$ м, т. е. живое сечение увеличится против тарелок одинарного кипячения в $4,789 : 1,884 = 2,5$ раза.

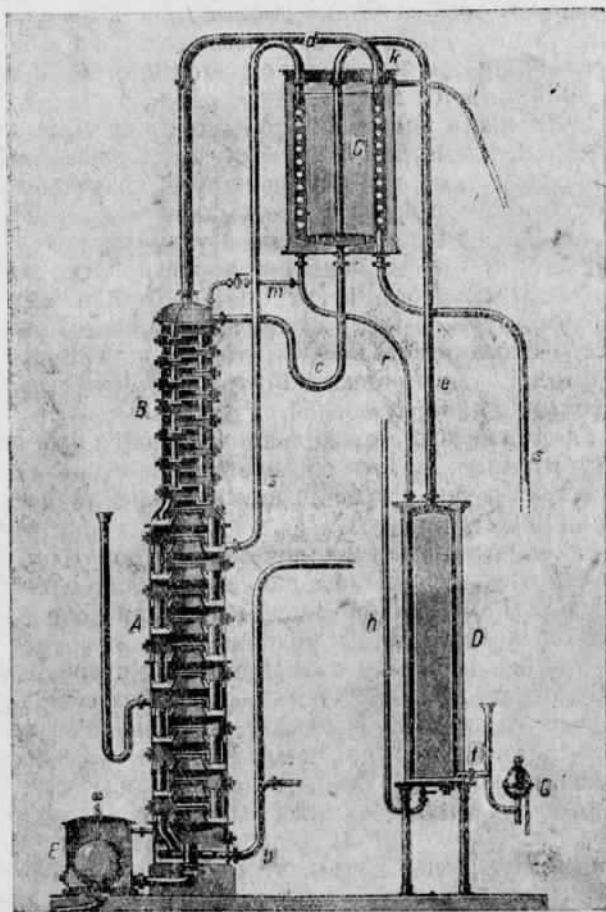


Рис. 170. Одноколонный, непрерывно действующий аппарат Бома с дефлегматором и бардяным регулятором.

Понятно, что при тарелках двойного кипячения аппарат работает более производительнее, чем при тарелках одинарного кипячения.

Между бражной тарелкой и спиртовой колонной делают обыкновенно пустое пространство в 0,5 м с целью, чтобы бражка не была переброшена в ректификационную колонну, где она может засорить мелкие отверстия сит, и тогда аппарат будет плохо работать. Для этой же цели первую нижнюю тарелку спиртовой колонны делают кольчатой, а не

ситчатой, как это показано на рисунке 170. Расстояние между ситами равно 150 мм.

Всех спиртовых тарелок 16, что считается достаточным, чтобы можно было на этом аппарате с дефлегматором Вема производительно работать, получая спирт крепостью в 88—89% спирта.

Общая высота бражной и ректификационной или спиртовой колонн равна 9 м. Такой брагоперегонный аппарат, в котором одна колонна стоит непосредственно над другой, называется *один колонным* в отличие от тех аппаратов, в которых они стоят отдельно и которые называются *двух колонными*.

Из верхнего отделения спиртовой колонны спиртовые пары отходят по широкой трубе *d*, диаметром в 150—200 мм, в дефлегматор, а флегма из дефлегматора притекает по U-образной трубе, диаметром около 80 мм. Чтобы аппарат исправно работал и чтобы пары и флегма шли каждый своим путем, делают трубу для флегмы с углублением в 0,6—0,7 м. Пары из верхнего отделения колонны могут попасть в дефлегматор двумя путями: либо по трубе *d* вверх, где дорога для них совершенно открыта, либо по трубе *c*, где им придется преодолеть препятствие в виде гидравлического затвора в 0,6 м; поэтому пары будут идти только по трубе *d*, а флегма будет протекать по трубе *c*. Трубка *m* с краном назначена для промывки аппарата водой.

Устройство дефлегматора, холодильника и фонаря уже описано выше. Когда аппарат работает, в нем образуется известное давление пара, которое служит аппаратчику указателем, впущено ли достаточно пара на аппарат, или мало.

Давление можно измерить металлическим манометром, но они для этой цели грубы. Более применим для этой цели водяной манометр, показанный на рис. 170 с правой стороны бражной колонны, где видно, что из нижнего отделения бражной колонны отходит вверх тонкая паровая трубка к крышке небольшого цилиндра, в котором имеется вода. Пар из аппарата давит на поверхность воды, и под его давлением вода поднимается вверх в узенькой трубочке, выходящей из ведра. Обычно давление это достигает высоты столба воды в 1 200 — 1 300 мм (давление одной атмосферы равно 10 333 мм). Аппаратчик следит за движением воды в этой трубочке; при нормальной работе уровень воды колеблется, то поднимаясь на 3 см, то падая. Если же уровень воды все больше и больше поднимается выше нормы, то выпуск пара следует понизить.

На рис. 170 показана с левой стороны труба, загнутая левым концом высоко вверх, так называемая «предохранительная труба». В нее налита вода. Если из этой трубы стало выбрасывать воду, то это показывает, что давление на аппарате слишком велико и необходимо уменьшить количество пара, поступающее на аппарат.

Как видно из рисунка, на этом аппарате отсутствует пробник барды. В настоящее время перегонку ведут форсированно, и чтобы избежать большой потери спирта с бардой, необходимо иметь пробник для барды (см. рис. 165).

Аппарат этот называется *непрерывно действующим*, потому что на верхнюю тарелку бражной колонны непрерывно накачивают бражку; ей навстречу непрерывно идет снизу пар; так же, как в

холодильник, и в дефлегматор непрерывно поступает вода из бака, из фанаря непрерывно стекает струя спирта, а из бардяного регулятора течет постоянно барда.

Аппарат, раз пущенный в работу, может работать непрерывно несколько недель. Обыкновенно его останавливают ежедневно на короткое время для приема и учета полученного количества спирта, и раз в 8—10 дней на несколько часов для очистки от песка, соломы и грязи.

Двухколонный брагоперегонный аппарат

Непрерывно действующий двухколонный брагоперегонный аппарат, изображенный на рис. 171, отличается от предыдущего только тем, что

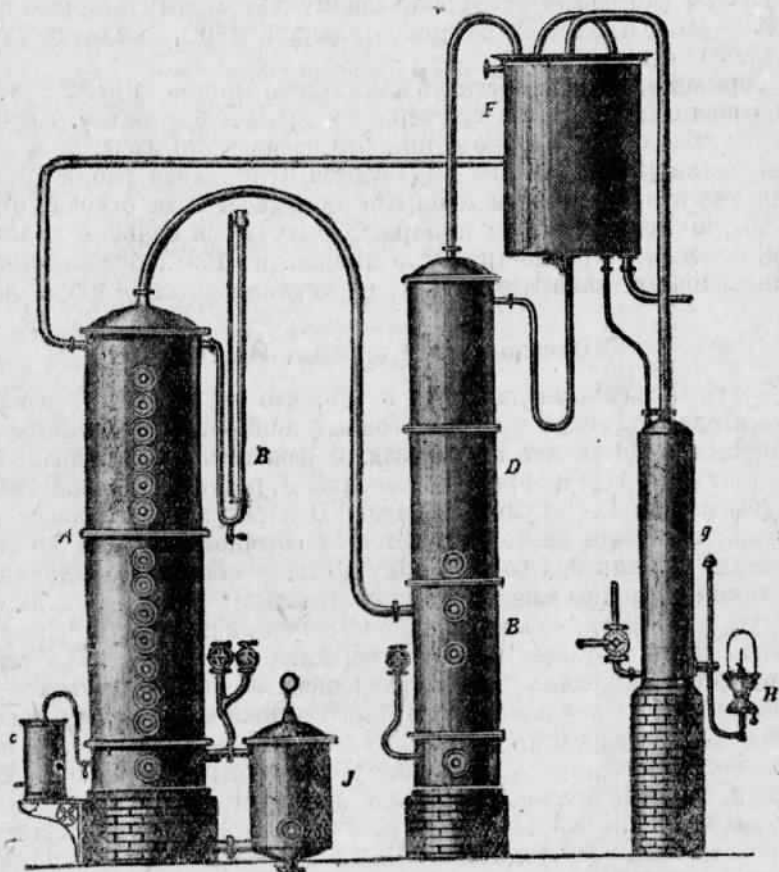


Рис. 171. Двухколонный брагоперегонный аппарат.

спиртовая, или ректификационная, колонна стоит не над бражной колонной, а отдельно, рядом с бражной, благодаря чему для установки такого аппарата требуется менее высокое здание,

Для выварки того спирта, какой имеется в нижней тарелке спиртовой колонны, последняя ниже того места, где входит труба, отводящая спиртовые пары из бражной колонны в спиртовую, имеет еще 8 тарелок, и в последней тарелке получается погон, который спирта не имеет, и называется люттером или люттерной водой. Для выварки спирта на этих 8 нижних тарелках впускают в нижнее люттерное отделение по особой трубе пар, независимо от выпуска пара в бражную колонну; затем из этого отделения непрерывно отводят люттерную воду посредством регулятора такого же устройства, как и бардной регулятор, или же по длинной V-образной трубе с углублением в 2 м. Очень важно, чтобы с люттером не уходил из аппарата спирт; чтобы следить за этим, устанавливают около люттерного отделения пробник для люттера (подобный устанавливаемому для барды), который показывал бы, сколько процентов спирта содержали пары, выделяющиеся из люттерного отделения.

В Германии, чтобы избежать каких-либо потерь спирта в люттере, его перекачивают насосом на верхнюю бражную тарелку. Неудобство этого способа состоит только в том, что очень часто насос отказывается качать кипящий люттер, чем нарушается правильная работа аппарата.

Так как в двухколонном аппарате люттерная вода отходит отдельно от барды, последней на этих аппаратах получается меньшее количество, чем на одноколонных аппаратах, а именно: из 100 л бражки получают на одноколонных аппаратах 115 л, на двухколонных — 100 л барды.

Одноколонный аппарат Ильгеса

Заслуга Ильгеса заключается в том, что он первый устроил автоматически действующий брагоспирегонный аппарат, причем аппарат его, появившийся еще 40 лет тому назад, поражал своей оригинальностью. Он состоит (рис. 172) из бражной колонны А, ректификационной колонны В, дефлегматора С, регулятора барды D и регулятора бражки H.

Бражная колонна резко отличается от обычной колонны многими тарелками, так как она вся от верху до низу заполнена бражкой. Внутри бражной колонны имеются конусообразные тарелки; в одних вершина конуса идет вверх, но конус внизу имеет ширину, равную $\frac{2}{3}$ диаметра, в других конус обращен вниз, но вершина его срезана. На тарелках имеются ребра, на одних — с направлением вправо, на других — с направлением влево. Вследствие этого пар, проходя через толщу жидкости, при переходе с тарелки на тарелку каждый раз меняет свое направление, чем способствует деятельному вывариванию бражки. Все же аппараты с такой бражной колонной не нашли распространения. Объясняется это тем, что если на этом аппарате в барду попадает спирт, то бывает не легко освободиться от него.

Ректификационная колонна В очень оригинальна. Она представляет собой ящик с репотчатым дном, в котором насыпаны толстым слоем (около 1 м) фарфоровые шарики. Из помещенного над ними дефлегматора С падает на шарики дождь из флегмы, которая обволакивает шарики. Спиртовые пары, поднимающиеся вверх из бражной колонны, действительно кипят тонкий слой флегмы на шариках, и в этом состоит процесс

ректификации. Что процесс этот достаточно действенный, можно заключить из того, что на этом аппарате получают спирт крепостью в 92—93⁰/о.

Ильгес первый стал изготовлять дефлегматор из горизонтальных труб. Его дефлегматор *С* состоит из многих рядов латунных труб, уложенных горизонтально так, что нижний ряд лежит как раз над промежутками верхних рядов.

Дефлегматор удовлетворяет всем трем требованиям Пампе для совершенных дефлегматоров. Очевидно его следует отнести к дефлегматорам-ректификаторам, и это именно есть вторая причина, объясняющая, почему получается крепкий спирт без специальной ректификационной колонны из 16 тарелок.

К крупным недостаткам этого аппарата следует отнести то обстоятельство, что бражка до поступления на бражную колонну совершенно не подогревается в аппарате и тепло спиртовых паров совершенно не используется.

Ильгес также впервые устроил регулятор притока бражки на аппарат. Для этой цели он всю бражку, из которой предварительно удалены все грубые механические примеси, выкачивает насосом в чан *G*, стоящий выше аппарата. Из чана бражка выходит через клапан *K*, соединенный с коромыслом весов. На правом конце коромысла повешена воронка *H*, в которую поступает бражка из чана; если приток бражки увеличивается, воронка опускается и закрывает клапан *K*; через некоторое время перетягивает чашка с гирями, поднимается клапан *K*, и возобновляется приток бражки в воронку и аппарат.

На заводах СССР, где нет шелухоотделителей, такой регулятор бражки применим только на предприятиях, перерабатывающих свеклосахарную



Рис. 172. Одноколонный аппарат Ильгеса.

патоку, а также сульфитные щелока, в бражке которых нет твердых частей.

При всем том аппарат Ильгеса не нашел широкого распространения в СССР. Один такой аппарат из бронзы, поставленный на Лифинском заводе Харьковской области, проработал там около 20 лет.

Брагоперегонный аппарат Кузнецова и Алексева

В 1927 г. Украинский трест спиртовой промышленности организовал конкурс на лучший проект брагоперегонного аппарата, причем премию получил брагоперегонный аппарат Кузнецова и Алексева.

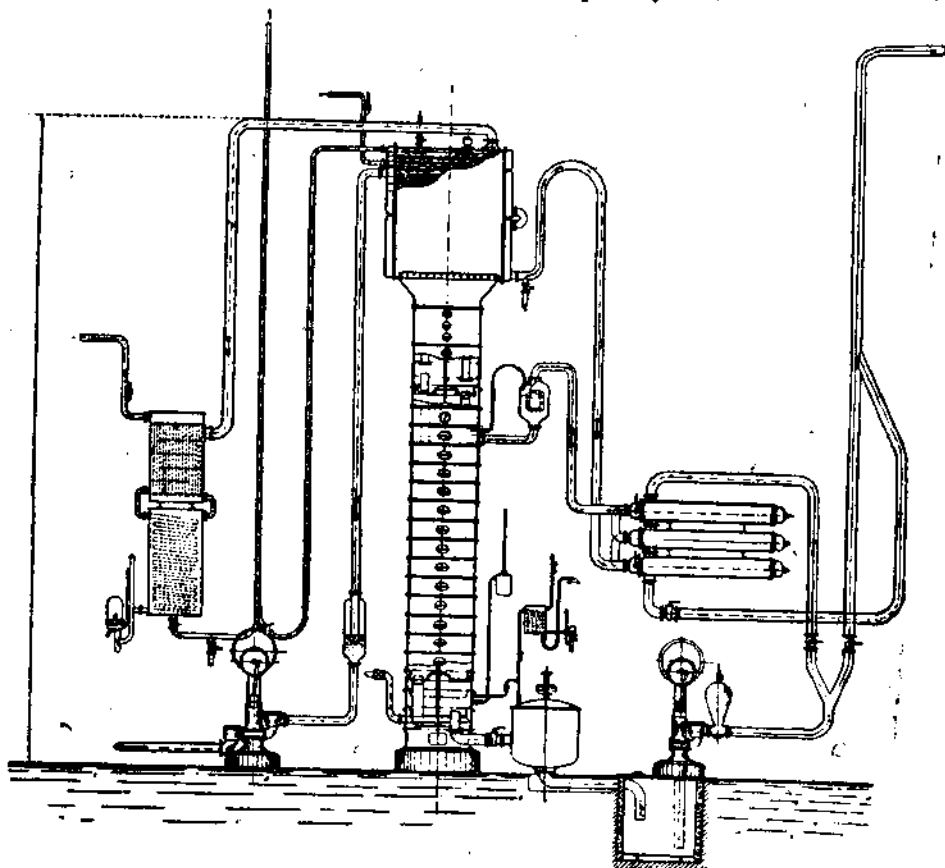


Рис. 173. Брагоперегонный аппарат системы Кузнецова и Алексева.

Этот аппарат, изображенный на рис. 173, получил у нас в последние годы широкое распространение. }

В виду дефицитности меди в настоящее время аппарат изготавливается из чугуна !

Он состоит из бражной колонны, имеющей 14 тарелок двойного кипячения, отдельно изображенных на рис. 154, и из ректификационной

колонны, состоящей из 6 тарелок, тоже двойного кипячения. Над спиртовой колонной стоит четырехугольный дефлегматор с горизонтальными бражными трубами, с поверхностью охлаждения в 22,52 м², и с горизонтальными водяными трубами в 5,8 м² поверхности охлаждения.

Для охлаждения спиртовых паров поставлен двойной холодильник, верхняя часть которого трубчатая, а нижняя часть в виде змеевика.

Успех этого аппарата обуславливается тем, что он имеет высокую производительность и малый расход пара и топлива. Объясняется это: 1) весьма целесообразным устройством тарелок; 2) сильным подогревом бражки в дефлегматоре до поступления ее в бражную колонну; 3) самой конструкцией дефлегматора; 4) снабжением аппарата всеми приборами для регулирования работы на нем.

Высокая производительность выражается в том, что аппарат на 1 м² поперечного сечения имеет производительность в 8500 л/час, в то время как производительность других аппаратов много ниже. При внутреннем диаметре в 840 мм, аппарат имеет производительность 460 дкл бражки в час.

Малый расход топлива и пара выражается в том, что при испытании аппаратов расход пара на 100 кг бражки в час составлял на аппаратах Бона с дефлегматором со змеевиком для бражки—23 кг; на аппарате Вагенера по расчетным данным, приведенным у Меркера-Дельбрюка,—17 кг; на аппарате Кузнецова-Алексеева—14,5 кг.

Бражной насос (см. рис. 173) для предупреждения толчков имеет на нагнетательной трубе воздушный колокол.

Бражка вступает в дефлегматор сверху и, пройдя по 14 рядам бражных труб, подогревается до 80 ° Ц и с такой температурой направляется вверх хоботом (чтобы дефлегматор был полным) и затем через фонарь поступает на верхнюю тарелку бражной колонны.

Такой сильный подогрев бражки содействует понижению расхода топлива, повышению производительности аппарата и понижению расхода воды. На этом аппарате хотя и имеются трубы для воды в дефлегматоре, но ими почти не приходится пользоваться, так как и бражных труб достаточно для укрепления спирта.

В некоторых аппаратах авторы для большего нагрева бражки устанавливают еще трубчатый подогреватель, или рекуператор, изображенный на рисунке справа в виде трех горизонтальных узких барабанов. Устройство его такое же, как у трубчатого холодильника (см. рис. 164). Бражка после выхода из дефлегматора направляется в нижний барабан рекуператора и, обогрвшись теплотой, идущей ей навстречу между трубами почти кипящей барды, выходит из верхнего барабана с температурой 88 ° Ц; затем, пройдя через фонарь, поступает на верхнюю тарелку бражной колонны.

Горячая барда поступает в рекуператор сверху и, идя между трубами, нагревает бражку, выходит снизу и направляется вверх в сборник для барды.

Так как аппарат этот является в настоящее время принятым к серийному производству, то интересно дать несколько данных его устойчива:

Количество воды, поступающее на дефлегматор, должно быть таково, чтобы флегма, стекающая из него на спиртовую колонну, была достаточно горячая.

При нормальной работе дефлегматора на нем образуется определенное давление.

Если давление станет повышаться, то это обозначает, что воды поступает на дефлегматор недостаточно и что приток воды необходимо увеличить, и наоборот, понижение давления показывает, что воды поступает больше, чем нужно.

Такой манометр на дефлегматоре следует иметь на всех аппаратах. У нас пока их еще нет.

На французских аппаратах для сырого спирта имеется еще одна интересная особенность; на них устанавливают такой фонарь для спирта, какой у нас устанавливают на ректификационных аппаратах, который дает возможность точно регулировать количество спирта, получаемое в час на аппарате. Затем на спиртовой трубе между холодильником и фонарем имеется кран, который дает возможность совсем закрыть приток спирта из холодильника в фонарь в тех случаях, когда приток этот слишком велик и есть опасность, что спирт из фонаря потечет на пол.

Это оборудование аппарата заслуживает подражания.

Ведение работы на брагоперегонных аппаратах

Сборка частей аппарата

Чтобы аппарат мог бесперебойно, непрерывно работать, необходимо внимательно следить за его ремонтом.

Необходимо тщательно очистить бражную колонну от нагара, и внимательно наблюдать за тем, чтобы нагар без остатка был удален из каждого отделения, чтобы его не оставалось внутри сливных труб, где он иногда плотно и незаметно залегает.

Необходимо проверить прочность колпаков, труб, стаканов, поилки и клапана бардяного регулятора.

Если аппарат собран заново, необходимо проверить посредством отвеса, стоит ли он строго вертикально, и добиться, чтобы он стоял строго по отвесу.

Если имеется малейшее сомнение в целостности частей спиртовой колонны, то необходимо ее развинтить и осмотреть.

До разбора следует внимательно рассмотреть знаки, сделанные на фланцах, и, если их не видно, нанести их самим, чтобы быстро можно было потом собрать аппарат.

Сивушные масла и кислоты особенно сильно разъедают нижние части спиртовой и эгонной колонны.

Самые верхние тарелки спиртовой колонны, где кипит крепкий спирт в 85—90%, большей частью бывают мало разъедены, так что по наружному виду их не следует судить о состоянии тарелок в нижней части колонны. Последняя тарелка особенно быстро разъедается, и ее следует тщательно осматривать.

Если производится внутренний ремонт аппарата, с заменой колпаков, сит, сливных труб, сливных стаканов, то технорук обязан либо сам проследить за ремонтом и в особенности за впаиванием и сборкой частей аппарата, либо возложить это на одного из своих помощников, который должен подойти к этому вполне ответственно. Бывали нередко случаи, когда брагоперегонный аппарат ремонтировали с целью поднять его производительность на 25—30%; собранный же после ремонта аппарат, именно вследствие небрежного ремонта и сборки, не только не повышал свою производительность, но наоборот, сильно понижал ее.

Внимание наблюдающего за сборкой аппарата должно быть обращено на то:

1) чтобы все тарелки, сита были впаены строго горизонтально, кругом на одинаковом расстоянии друг от друга; чтобы припайка, приклейка были прочны, чтобы днище не оторвалось через несколько дней работы аппарата;

2) чтобы вся работа была выполнена по чертежу.

Пример 1-й. По чертежу колпак должен быть приклепан так, чтобы между его краем и тарелкой была щель высотой в 25 мм. Такая щель должна быть одинакова со всех сторон. Изготавливают брусочки высотой в 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 и 40 мм и пробуют посредством их, какой она на самом деле величины. Оказывается, что в одном месте щель равна 10 мм, а в противоположном конце равна 40 мм. Такой кривой колпак негоден. Его необходимо снять и переклепать.

Пример 2-й. По чертежу между сливной трубой и тарелкой должна быть щель в 25 мм, чтобы жидкость имела свободный сток. При пробе оказывается, что на одной тарелке эта щель равна только 5 мм, а на другой она равна 70 мм; на первой тарелке щель так мала, что бражке некуда выйти и она соберется толстым слоем на верхней тарелке; на второй тарелке, с расстоянием в 70 мм, труба не будет погружена в жидкость, и тогда спиртовые пары пойдут вверх через эту пустую сливную трубу, вместо того, чтобы идти под колпак.

В обоих случаях аппарат будет работать очень плохо.

Итак следует строго следить за тем, чтобы на всех тарелках без исключения вся работа была выполнена по чертежу; если только на одной тарелке будет выполнена неисправно, то и работа всего аппарата будет крайне плоха.

Холодильник для спирта, дефлегматор Боме следует разобрать, очистить и осмотреть, затем, привинтив трубу (стоячую, длиной в 4—5 м), налить теплой водой, постучать деревянным молотком и проверить, нет ли где течи.

Особенно быстро пропадают бардяные трубы, а их следует обязательно проверить.

Проба аппарата водой

За несколько дней до пуска завода необходимо испытать аппарат водой, чтобы проверить, нет ли течи в аппарате, исправно ли работают все части, не нужно ли сделать дополнительного ремонта.

Для этой цели заворачивают все регарды, набирают воды в холодильные трубы дефлегматора, в холодильник для спирта и внимательно проверяют, нет ли течи в свертках, в других местах. Затем пускают бражной насос и накачивают воды вместо бражки во всю бражную колонну.

После этого пускают пар в нижнюю бардяную тарелку, в которую тоже предварительно следует набрать воды. Пар греет воду, приводит

те в кипение; выделяющиеся пары идут вверх и там приводят воду в кипение; мало-по-малу прогревается вся бражная колонна.

Если имеются свежие свертки, то необходимо немедленно, как только самая колонна и все свертки хорошо согрелись, подтянуть все болты на свертках, делая это последовательно со всеми болтами. Если свертки не подтянуть с самого начала, когда колонна прогревается, то впоследствии они дадут течь.

Когда прогреются и бражная и спиртовая колонны и пары пройдут дальше в дефлегматор и затем в холодильник, пускают воду на холодильник и на дефлегматор; пар в аппарат продолжает поступать; из спиртовой трубы холодильника покажется погон, полученный при перегонке воды, заполняющей аппарат.

Затем пускают в ход бражный насос, который качает на аппарат вместо бражки воду; последнюю продолжают перегонять до тех пор, пока весь аппарат не будет тщательно осмотрен, все свертки подтянуты, проверены, все ненадежные места отмечены для исправления, а может быть и для крупного ремонта.

Вместе с тем при пробе водой испытывают, правильно ли работают все приборы для обслуживания аппарата: барданой регулятор, пробник для барды, водяной манометр, тальпотасиметр, и обязательно приводят их в порядок, потому что без них трудно правильно вести сгонку.

Пропуск аппарата

После того как аппарат будет тщательно испытан водой и паром и все части его окажутся в полном порядке, соединяют фильтр и фонарь с контрольным снарядом и приступают к пропуску аппарата. Для этого, открыв все регарды на бражной колонне, спускают из всех тарелок находящуюся там воду, для чего вынимают сливные стаканы; если на тарелке оказывается грязь, ее тщательно смывают, затем аккуратно вставляют все стаканы снова на место, завинчивают регарды, и бражная колонна готова к пропуску. В нижнем барданом отделении воду не спускают, если там нет грязи и мусора.

При пропуске прежде всего напускают бражку в резервуар для бражки, смазывают бражной насос и, пустив его в ход, накачивают бражку на аппарат, оставив открытой регарду на второй снизу бражной тарелке; когда в последней покажется бражка, останавливают бражной насос, оставляя его на ходу, так что, как только пустят пар, он немедленно начнет работать.

Таким образом вся бражная колонна и весь дефлегматор заполнены бражкой. Проверяют, имеется ли вода в холодильнике и в дефлегматоре, и убедившись, что все в порядке, пускают пар в бражную колонну, закрыв предварительно регарду на второй бражной тарелке.

Пар мало-по-малу прогревает всю бражную колонну, приводя в кипение бражку на всех тарелках, затем прогревается паром спиртовая колонна, дефлегматор и труба, отводящая спиртовые пары в холодильник, после чего следует ожидать, что очень скоро потечет спирт из холодильника в фильтр и фонарь. Обыкновенно до этого показывается из воздушной трубочки воздух и спиртовые пары, и это служит показателем, что очень скоро пойдет спирт.

К этому моменту следует готовиться, чтобы его не прозевать, по следующей причине. Вольшей частью спирт проходит сначала большой бурной струей, и если не принять предупредительных мер, он, не помещаясь в контрольном снаряде, который учитывает только 35 см в час, выльется на пол. Чтобы предупредить такой залив контрольного снаряда в момент, когда показывается в фонаре спирт, прежде всего уменьшают выпуск пара в аппарат; прикрыв несколько паровой вентиль. Затем немедленно пускают в ход бражную насос; последний начнет подавать бражку на верхнюю бражную тарелку и этим понизит выход спиртовых паров из бражной колонны. После этого немедленно пускают воду на холодильник и дефлегматор.

На последних кранах и на паровом вентиле должны быть сделаны метки, как они должны быть открыты при нормальной работе аппарата.

Затем следует урегулировать приток пара и бражки на аппарат так, чтобы иметь наивысшую производительность аппарата и надлежащую крепость спирта в 89—90%.

Чтобы достигнуть этого, наблюдают за количеством спирта в фонаре, за крепостью, за температурой и за давлением в аппарате.

Водяной кран на холодильнике устанавливают на одной постоянной точке, чтобы при наивысшей скорости сгонки, температура спирта была выше температуры воды не более, чем на 1,5—2° Ц.

Водяной кран на дефлегматоре также устанавливают на постоянной точке, если в дефлегматоре имеется дефлегмация не только посредством бражки, но и посредством воды.

Установив водяные краны, регулируют работу аппарата, помощью пуска пара и бражки.

Если крепость спирта в фонаре уменьшается—увеличивают число оборотов насоса и уменьшают несколько приток пара; наоборот, если струя из аппарата идет малая, то прибавляют пар; при прибавлении пара наблюдают за тем, какое давление показывает водяной манометр, чтобы не превысить нормального давления (во всяком случае, не превысить максимального давления в 1 500 мм).

Как только несколько наладят работу аппарата, немедленно включают в работу в одноклонном аппарате пробник барды, а в двухклонном аппарате кроме того и пробник люттера, и ведут в дальнейшем сгонку, отчасти руководствуясь их показаниями.

Если желательно усилить производительность аппарата и крепость спирта, то увеличивают число оборотов насоса, но наблюдают, не идет ли при этом спирт в барду и в люттер.

Если при увеличении поступления пара в аппарат давление в последнем делается слишком большим, то это показывает, что такая большая производительность не под силу аппарату.

Если спирт идет в люттерную воду, то прибавляют пар в нижнее люттерное отделение спиртовой колонны.

Закрепление спирта в фонаре возможно не только тем, что увеличивают приток бражки и уменьшают приток пара на аппарат, но также и тем, что увеличивают приток воды на дефлегматор. При этом увеличивается количество флегмы, которая течет на верхнюю тарелку спиртовой

колоны, и это способствует укреплению спирта, но при этом необходимо следить за пробником лютера.

Чтобы облегчить работу аппаратчика и вместе с тем поднять производительность завода, важно, чтобы при аппарате поставлен был сборник пара с регулятором Бормана (см. стр. 282), что даст возможность легко урегулировать давление на аппарате. При отсутствии этого регулятора машинист, стоящий около машины, должен заявлять аппаратчику о каждой перемене хода машины, но при всем том аппаратчику очень трудно работать.

Другая большая трудность для аппаратчика — регулирование работы насоса. Если под клапан бражного насоса попадает щепка, тряпка, то насос хотя и будет в движении, но бражки подавать не будет; вследствие того, что насос перестал подавать бражку на верхнюю бражную тарелку, сильно возросло количество пара, поступающее из бражной колонны в спиртовую, и количество спирта в фонаре, и опять возможно, что спирт пойдет на пол.

Для предупреждения этого целесообразно на спиртовой трубе между холодильником и фонарем поставить кран, который обязательно устанавливается на французских спиртовых заводах и какой у нас еще не разрешают ставить из опасения возможных злоупотреблений со спиртом. При слишком сильном потоке спирта можно этот кран прикрыть или совсем закрыть.

Чтобы не попадались щепки, пакки, тряпки под клапан насоса, на пути движения сладкого затора в бродильный чан и на пути от бродильного чада до бражного насоса устанавливают ящики с решетками, которые должны задерживать все грубые примеси в бражке.

Если под клапан бражного насоса попадает тряпка, щепка и пр. и он перестает качать, или как говорят на практике «насос не берет», то прибавляют пару на бражной насос. Последний увеличивает свое число оборотов, в нем образуется более сильное разрежение, щепка или тряпка проскочит, насос начинает действовать, т. е. качать бражку. Это обнаруживается тем, что он сокращает число оборотов и начинает опять работать нормально (число оборотов — около 30 в мин.).

Если же прибавление пара и увеличение числа оборотов не помогло и насос не берет, то необходимо его остановить, открыть лаз над клапаном, очистить отверстие от посторонних тел, уложить клапан на место, закрыть лаз и пустить бражной насос нормальным ходом.

Как только выяснилось, что бражной насос не берет, следует немедленно уменьшить приток пара на бражную и лютерную колонны, иначе спирта в фонаре пойдет слишком много и он может уйти на пол.

Остановка аппарата

1. Внезапная остановка, например в случае переполнения спиртоприемного чада. Останавливают насос, закрывают краны на барданной и лютерной трубах, закрывают вход пара на аппарат и через $1\frac{1}{4}$ часа закрывают воду на холодильник и дефлегматор.

2. Остановка аппарата на 1—2 часа, например для приемки спирта. Останавливают бражной насос, несколько уменьшают впуск пара, ведут минут пять стоянку при выключенном насосе, чтобы несколько истощить

запас спирта на аппарате, закрывают выпуск пара на аппарате, закрывают бардяной и люттерный краны и через $1\frac{1}{4}$ часа закрывают воду на холодильник и дефлегматор.

Продолжительная остановка, или остановка для очистки. В этом случае необходимо извлечь из аппарата весь запас спирта, какой на нем имеется. Останавливают бражную насос, уменьшают выпуск пара и продолжают стонку на аппарате до тех пор, пока крепость спирта в фонаре не покажет 25—30‰; слабая жидкость портит контрольный снаряд; запас же спирта на аппарате при этом ничтожный, так как, по Гренингу, при крепости в фонаре 30‰ крепость спирта на верхней тарелке спиртовой колонны равна 30‰.

Закрыв пар, закрывают через $1\frac{1}{4}$ часа воду и приступают к мойке аппарата.

Мойка аппарата

Брагоперегонный аппарат работает хорошо, т. е. с большой производительностью и с малыми потерями спирта в барде и люттере, если он чистый, т. е. если все щели в бражных тарелках для прохода пара и бражки чисты и не засорены. Если же щели наполовину занесены грязью, песком, кожурой и соломой, то, чем больше засорение, тем менее производительность работает аппарат, и ни в коем случае не следует ждать до тех пор, пока аппарат засорится до отказа и стонку нельзя уже будет вести совсем. Необходимо регулярно, через каждые 6—8 суток, производить основательно и ответственно чистку аппарата.

Сначала стонают весь запас спирта, имеющийся на аппарате, как указано выше, после чего, открывши регарду в нижней первой тарелке, пускают на первую верхнюю спиртовую тарелку воду, которая течет вниз через все тарелки спиртовой колонны, затем через всю бражную колонну; хорошая барда выкачивается в чан для барды, а помой идут в канаву.

После этого предварительного промывания аппарата закрывают верхнюю воду, открывают все регарды и приступают к чистке.

Для этого вынимают во всех тарелках сливные стаканы (из сливных труб, но не из самой тарелки, и выкладывают их по номерам в порядке, чтобы их не перепутать; вода из каждой тарелки стечет, и тогда кочергой тщательно выгребают песок, солому, мусор, какой имеется на тарелке и внутри сливных труб; следует палочкой прощупывать, нет ли внутри самой трубы кома соломы или чего-нибудь другого.

После этого сильной струей воды из брандспойта обмывают стенки, потолок и особенно тщательно днище каждого отделения, вставляют аккуратно и прочно сливные стаканы и закрывают регарды.

Особые случаи ненормальной работы брагоперегонных аппаратов и их причины

Засорение фильтра для спирта

Засорение фильтра для спирта обнаруживается следующим образом. Если при нормальной работе аппарата на нем увеличивается давление и несмотря на то, что увеличили пуск пара и давление, количество

спирта, проходящее через фонарь, уменьшается, и спирт почему-то несколько раз пошел фонтаном вверх через узенькую воздушную трубочку, находящуюся под стеклянным колпаком, и через большую воздушную трубу перед фильтром, — то это служит показателем, что произошло сильное засорение фильтра в фонаре, которое и препятствует сгонке.

Если повышать давление и вести сгонку дальше, то может случиться, что бражка попадет в холодильник и фонарь. Лучше всего остановить аппарат для очистки фильтра.

Засорение бражной или люгтерной колонны

Если, несмотря на то, что бражной насос качает хорошую бражку и на колонну поступает достаточно пару, что видно из того, что давление в аппарате по водяному манометру даже выше нормального, количество спирта, поступающее в фонарь, все уменьшается и когда закрывают пар и давление упадет, спирт начинает проходить через фонарь, — то это значит, что где-то засорена бражная колонна. В очень редких случаях бывает засорена верхняя тарелка погонной колонны ниже того места, где спиртовые пары из бражной колонны входят в спиртовую.

В таких случаях необходимо вымыть колонну, причем, как указано выше, мойку следует производить очень внимательно.

Такие случаи повышения давления на аппарате при сильном понижении количества спирта, притекающего в фонарь, и возобновлении принока спирта в фонарь после закрытия пара бывают также при неисправности аппарата, например: сорван колпак на тарелке, погнулись тарелки и закрыт выход бражки из тарелки и пр.

Затруднительный выход воздуха из аппарата

Если колонна хорошо вымыта и вычищена, а между тем замечается, что при малой нагрузке аппарат работает, а при небольшой форсировке — на нем сейчас же повышается давление и выход спирта затруднен, то возможной причиной является трудный выход воздуха из аппарата.

Так на Трилесском заводе имело место, что после летнего ремонта производительность аппарата сильно понизилась. При попытке поднять производительность аппарата до прошлогодней на аппарате появлялось большое давление, и когда давление падало, спирт начинал проходить в фонарь в то время, когда пар был закрыт. Инспектор В. Блинкин нашел причину этого в том, что спиртовая труба, отводящая спирт из холодильника в фонарь, поднята вверх и потому затруднен выход воздуха из холодильника. Когда конец трубы спустили и воздух из холодильника получил свободный выход, аппарат начал работать нормально.

Проход теплого спирта в фонарь при попытке форсировать работу на аппарате

Здесь возможны следующие причины.

а) Засорился холодильник для спирта либо накипью, либо слизью. Необходимо при остановке аппарата спустить воду из холодильника и

хорошо промывать из брадспойнта слизь или почистить щеткой трубки холодильника от грязи и накипи.

б) Возможна другая причина, а именно: что вследствие плохого ввода воды в холодильник утилизируется только половина охлаждающей поверхности холодильника, а другая половина не утилизируется. Необходимо при входе воды в холодильник устроить приспособление, чтобы вода омывала равномерно всю холодильную поверхность холодильника.

Изменение количества спирта и крепости его при изменении количества воды, поступающей на холодильник

При уменьшении количества воды, поступающей на холодильник, спирт в фонаре слабеет и идет большой струей, а при увеличении количества воды на холодильник — спирт укрепляется, но количество его сильно понижается.

Такой случай возможен только тогда, когда вода из холодильника направляется в дефлегматор; при увеличении количества воды, усиливается количество образуемой флегмы и понижается количество отходящих из дефлегматора в холодильник паров, а потому понижается количество спирта, поступающее из холодильника в фонарь.

Чтобы можно было форсированно работать, следует иметь отдельную подачу воды на холодильник, и отдельную — на дефлегматор.

Появление большого количества спирта в барде

На одном заводе имел место случай, когда пробник барды показывал 18—20% спирта, т. е. барда содержала $18:14 = 1,2—1,3\%$ спирта, а бражка — 8%. Но особенно скверно было то, что при прибавлении пара на бражную колонну, где поддерживалось большое давление, процент спирта в барде не понижался; потери спирта в барде были очень велики и составляли около 15% от всего выхода спирта.

Причина была в следующем. Так как на аппарате бражка до поступления в бражную колонну подогревалась мало, то технорук завода, чтобы поднять производительность аппарата, устроил предварительное подогревание ее перед входом в бражную колонну по способу О л ь х о в а. Способ этот состоит в том, что на бражной трубе делается расширение, увеличивающее диаметр втрое. В нем помещаются три тарелочки, под которые впускают либо отработанный, либо острый пар; подогретая таким путем бражка поступает на верхнюю бражную тарелку аппарата.

Оказалось, что на этот подогреватель Ольхова пускали слишком много пара, вследствие чего на верхней тарелке собиралось большое давление, которое препятствовало входу пара снизу для выварки всей бражной колонны.

Когда технорук выключил совсем подогреватель Ольхова, т. е. прекратил пускать на него пар, барда стала опять безалкогольной.

Отсюда видно, что подогревателем Ольхова следует пользоваться осторожно, пуская на него пар понемногу и аккуратно проверяя количество спирта в барде.

Производительность брагоперегонных аппаратов

Так как общие старания направлены к повышению производительности заводов, то особенно интересным является вопрос, какова должна быть производительность брагоперегонного аппарата и как ее увеличить.

Изучением работы действующих брагоперегонных аппаратов занималась бригада Всеукраинского научно-исследовательского института ферментативной промышленности во главе с Н. М. Кузнецовым, исследовавшая по отчетным данным работу 92 действующих брагоперегонных аппаратов; из них 50% — аппараты завода Вормана, которые считались в довоенное время лучшими по конструкции, и 30% — завода Виганда. Полученные данные говорят о том, что производительность 1 м² поперечного сечения аппарата тем больше, чем меньше диаметр его и что производительность аппаратов колеблется в широких размерах, как видно из таблицы 51.

Таблица 51

Производительность брагоперегонных аппаратов

Число исследованных аппаратов	Площадь поперечного сечения бражной колонны в м ²	Диаметр колонны в мм	Производительность на 1 м ² площади поперечного сечения бражки в 1 час в джл		
			средняя	минимальная	максимальная
7	до 0,3	до 620 мм	740	560	1180
20	0,3—0,5	620—820	562	380	775
35	0,5—0,7	820—980	548	355	750
21	0,7—1,0	980—1000	538	345	730
7	1,0—1,5	1000—1380	478	290	620
Кузнецова, и Алексеева	P, 546	840	975	—	—

Из таблицы 51 видно, что в аппаратах с диаметром в 1000 мм средняя производительность одного м² поперечного сечения только 500 джл бражки в час, тогда как в аппаратах с диаметром 600—800 мм она равна 560 джл, а в аппаратах с еще меньшим диаметром достигает даже 740 джл на 1 м² поперечного сечения.

Показанные максимальные цифры приходятся главным образом на аппараты с тарелками двойного кипячения. Отсюда нужно сделать вывод, что вообще аппаратам с тарелками двойного кипячения следует отдать предпочтение в смысле производительности перед тарелками одинарного кипячения.

Выделяется среди других аппаратов своей высокой производительностью аппарат Кузнецова и Алексеева, у которого производительность превышает на 50% среднюю производительность и на 30% максимальную производительность прочих аппаратов, имеющих одинаковый с ним диаметр. Это объясняется удачной конструкцией тарелок бражной колонны, числом их, достаточным количеством регулирующих приборов, отлич-

ной конструкцией дефлегматора, подогревом бражки (до входа ее на аппарат до 90° Ц), что несомненно повышает производительность аппарата.

Расход тепла и пара на брагоперегонных аппаратах

Та же бригада занялась вопросом изучения расхода тепла и пара на брагоперегонных аппаратах различных систем.

Опыты были произведены над двумя аппаратами завода Бормана с тарелками двойного кипячения, над аппаратом Кузнецова и Алексеева, тоже с тарелками двойного кипячения, над аппаратом Виганда и над аппаратом Вагенера¹ с тарелками одинарного кипячения. Результаты опытов указаны в табл. 53.

Опыты над двумя аппаратами, указанными в таблице под № 1 и 2, — аппаратом Бормана и аппаратом Кузнецова и Алексеева — производились по трем способам:

- 1) определение израсходованного пара путем точного учета количества взятого на перегонку бражки и полученных барды и спирта;
- 2) непосредственное определение количества потребленного аппаратами пара при помощи паромера и
- 3) учетом баланса тепла с учетом расхода тепла по отдельным станциям работы брагоперегонного аппарата.

По остальным аппаратам (№ 3, 4 и 5) был произведен только теоретический расчет по третьему способу.

Так, на аппарат № 1 Бормана в течение 6,5 часов опыта поступило бражки 23142 кг. Получено с аппарата спирта 1973 кг + барды 26447 кг; всего 28420 кг.

Следовательно, поступило в аппарат пара:

$$28420 - 23142 = 5278 \text{ кг.}$$

Расход пара на 100 кг бражки составляет $\frac{5278}{231,4} = 22,81 \text{ кг.}$

Расход пара, определенный при помощи паромера системы Ясинского, составил 2385 кг пара в течение трех часов на перегонку 10640 кг бражки, или $\frac{2385}{106,4} = 22,41 \text{ кг на 100 кг бражки.}$

Во время испытания паромером сгонка велась на остром паре с давлением в 2,3 абсолютных атм.

Расход воды на дефлегматор равен 1798 л в час, при начальной температуре 28 и конечной 39,7° Ц.

Расход пара на аппарате Кузнецова и Алексеева определяется следующим образом.

Поступило на перегонку 29393 кг бражки; получено с аппарата спирта 2550 кг + барды 31386 кг, итого получено 33736 кг.

Израсходовано пара $33736 - 29393 = 4343 \text{ кг.}$

Расход пара на перегонку 100 кг бражки составляет

$$\frac{4343}{293,93} = 14,75 \text{ кг.}$$

¹ Данные по аппарату Вагенера приведены расчетные, согласно опытным, сделанным Госпланом.

Расход пара на 100 кг бражки на брагоперегонных аппаратах разных систем

№ по порядку	Система аппарата	Бражная колонна			Производительность бражки в час в дка	Температура бражки, поступающей на бражную колонну, °С	Содержание спирта в бражке в % обем.	Содержание спирта в барде в % обем.	Крепость спирта в % обем.	система			Дефектатор					Давление в колонне в мм ртутного столба	Фактический расход пара на 100 кг бражки в кг	Расход пара на 100 кг абс. спирта в кг	Чистовая продукция, бражки на 1 м³, полученной сеченки
		диаметр в мм	число тарелок							конструкция тарелок	общая	подогрев	бражная	поверхность охлаждения в м²							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18				
1	Одноколонный . . .	1 115	14	Двойного кипячения	348	53	8,1	0,177	80,0	С змеевиком	8,4	13,0	21,4	179	1 200	22,81	34,98	360			
2	Кувалда и Алексеев.	840	16	То же	541	89,2	8,14	0,012	85,4	Гориз. трубы	22,5	5,85	28,3	—	670	14,75	22,55	975			
3	Борислав двухколонный . . .	1 100	15	"	454	53	8,05	0,03	88,3	С змеевиком	11,8	13,6	25,4	85,6	1 720	23,35	36,03	480			
4	Вигала одноколонный . . .	850	13	Однотарного кипячения	285	41	7,38	0,07	80,4	Трубы водян.	—	—	—	104	1 500	26,14	42,8	1 500			
5	Вагнера одноколонный . . .	785	—	То же	135	73,3	11,6	—	89,0	Вагнера	—	—	—	—	—	19,98	20,45	—			

Перегонка велась мягким паром с давлением 1,3 атм. Расход пара, определившийся с помощью паромера, составил 1543 кг на перегонку 10 663 кг бражки или на 100 кг бражки:

$$\frac{1543}{106,63} = 14,47 \text{ кг.}$$

Во время испытания вода на дефлегматор аппарата Кузнецова и Алексеева вовсе не поступала.

Посредством паромера был также определен фактический расход пара на 100 кг бражки на аппарат, указанный в таблице под № 3, причем он оказался равным 23,35 кг на 100 кг бражки.

Из этой же таблицы видно, что на аппарате Виганда, обозначенном под № 4, расход пара еще больше и составляет 26,14 кг пара на 100 кг бражки, или больше против расхода пара на аппарате Кузнецова и Алексеева на 77%. Для совершенствования техники строительства брагоперегонных аппаратов очень важно выяснить, какие именно причины вызывают такое увеличение расхода пара на брагоперегонных аппаратах Виганда и Бормана.

Причины слишком большого расхода пара (23—26 кг на 100 кг бражки) на некоторых брагоперегонных аппаратах

Чтобы решить эту задачу Н. М. Кузнецов предлагает разложить расход пара или, лучше сказать, расход тепла в калориях, которое вносит собою пар, на отдельные статьи, определив расход тепла на каждой отдельной станции работы аппарата. Этот расчет Кузнецов делает по формулам Гаусбрандта¹ и разбивает весь расход тепла на следующие станции:

- 1) затрата тепла на подогрев бражки, входящей на верхнюю бражную тарелку, до температуры кипения;
- 2) затрата на подогрев бражки до температуры выхода барды;
- 3) затрата на нагрев бражки в дефлегматоре;
- 4) затрата на нагрев холодильной воды в дефлегматоре;
- 5) затрата на тепло, уходящее со спиртовыми парами в холодильник для спирта, и
- 6) затрата на лучеиспускание.

В таблице 53 показано, какие результаты он получил, когда общий расход калорий, полученный умножением количества килограммов пара (гр. 4) на 541 (скрытая теплота 1 кг пара), разложил на отдельные вышеуказанные элементы.

Изучая эти элементы для каждого аппарата в отдельности, можно легко понять, почему именно на том или другом аппарате получается большой расход пара.

Остановимся для этой цели на аппарате № 4 Виганда и сравним его расход тепла на разных станциях с расходом тепла на аппарате № 2 Кузнецова и Алексеева и с № 6, который представляет расчет минимального расхода тепла по вышеуказанным формулам Гаусбрандта, т. е. расход тепла для идеального аппарата.

¹ См. Гаусбрандт Действие перегонных и ректификационных аппаратов, М.—Л., 1931 г.

Разложение фактического расхода тепла, внесенного паром в аппарат, на отдельные статьи расхода по станциям на перегонку 100 кг бражки

№ по порядку	Система аппарата	Содержание спирта в бражке в % вес.	Крепость полученного спирта в % вес.	Показатели фактический расход тепла на 100 кг бражки в кг		подогрев бражки до температуры кипения	В том числе			отдавлено тепла со спиртом в холодильники	Потери от лучистого излучения	
				пара с де- канизмом 1,3 атм	нагрев калорий		подогрев бражки	потреблено в дефлегматоре				
								бражки	воды			всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Бормана	6,52	78,59	23,18	12 534	2959	917	2 655	3 003	5 659	2 601	398
2	Кузнецова и Алексеева	6,54	79,9	14,75	7 975	400	640	4 305	—	4 305	2 230	400
3	Бормана	6,48	76,2	23,55	12 755	3 378	860	2 191	3 389	5 580	2 426	571
4	Витана	6,09	70,4	26,2	14 142	4 644	1 109	—	5 305	5 305	2 625	459
5	Ватсера	9,3	84,4	19,98	10 805	1 629	880	4 764	705	5 469	2 827	1 280
6	Васильевский	6,54	79,9	13,8	7 466	—	623	4 613	—	4 613	2 230	—

Из таблицы видно, что расход тепла на аппарате Виганда — 14 142 кал. выше, чем на всех остальных аппаратах, и почти вдвое больше, чем на расчетном аппарате минимум (7 466). При отыскивании причины видно, что на рассматриваемом аппарате чрезвычайно большой расход тепла на подогрев бражки. В то время как по расчетному минимуму расход этот должен равняться нулю, а на аппарате № 2 Кузнецова и Алексеева равен 400 кал., в аппарате № 4 Виганда он достигает 4 644 кал., т. е. в 11,6 раза больше, чем № 2. При дальнейшем изучении видно, что на этом аппарате вовсе не имеется нагрева бражки в дефлегматоре; в последнем для конденсации спиртовых паров служит только холодная вода; в то время, как на аппаратах № 6 и № 2 расход тепла для обогрева холодильной воды на дефлегматоре = 0, на этом аппарате холодильная вода дефлегматора отнимает очень большие количества тепла в 5305 кал. Отсюда ясно, что на этом аппарате следует снять дефлегматор, который очень не выгоден и заменить его дефлегматором Авенариуса, либо Кузнецова и Алексеева.

Отыскивая (по данным таблицы 53) причины большой затраты тепла (12 765 кал.) аппаратом № 3 — Вормана, видим, что и этот аппарат затрачивает очень много тепла на подогрев бражки — 3 378 кал., потому что бражка на нем мало подогревается в дефлегматоре; на подогрев воды в дефлегматоре тратится 3 889 кал., т. е. больше чем на подогрев бражки (2 191).

Очень полезно и на этом аппарате имеющийся дефлегматор заменить дефлегматором типа Кузнецова и Алексеева.

Из этой же таблицы видим, что на аппарате № 5 Вагенера, имеющем превосходного качества дефлегматор, расход пара так велик и достигает 19,98 кг на 100 кг бражки, т. е. на 35% больше, чем на аппарате № 2 Кузнецова и Алексеева. Это объясняется тем, что и на этом аппарате бражка недостаточно подогревается в дефлегматоре и потому на подогрев ее приходится затратить на каждые 100 кг еще 1 629 кал. Между тем, в дефлегматоре затрачивается 705 кал. на подогрев холодильной воды, и если добавить трубы в бражной части дефлегматора и совсем закрыть на него воду, то он будет меньше тратьте тепла и пара.

Затем обращает на себя внимание то обстоятельство, то на этом аппарате большая трата тепла на лучеиспускание — 1 280 кал. Если бы наружные боковые стенки дефлегматора были не такими извилистыми, а прямыми, гладкими, то эта затрата тепла значительно бы понизилась.

Расход воды на перегонных аппаратах на 100 кг бражки

Расход воды на брагоперегонных аппаратах следует разбить на 2 части: на расход воды на дефлегмацию и на расхолаживание самих спиртовых паров в холодильнике.

Расход воды в дефлегматоре

Как видно из таб. 52, гр. 14, на лучших аппаратах, например Кузнецова и Алексеева, расход воды в дефлегматоре равен нулю, на худших аппаратах он составляет 85—100 кг на 100 кг бражки. Расход в 179 кг, какой показан на аппарате № 1, составляет исключение и его принимать во внимание не следует.

Расход воды на спиртовые холодильники

По исследованию А. Г. Забродского¹, расход воды на спиртовые холодильники составляет 0,9 л на 1 л бражки.

В общем весь расход воды на брагоперегонных аппаратах составляет максимум 180 кг на 100 кг бражки, считая, что на холодильник и дефлегматор поступает не общая вода, а в каждый отдельно.

Материал для изготовления брагоперегонных аппаратов

До последнего времени брагоперегонные аппараты изготовлялись, за редкими исключениями, из красной меди, причем для разных частей аппарата брали медь разной толщины, примерно:

на стенки колонны	3,5 мм	>	сливные трубы	4,5 >
> тарелки >	4,0 >	>	> цилиндр дефлегматора	3,0 >
> колпаки >	4,5 >			

Но медь в настоящее время у нас дефицитна, почему необходимо изготовлять аппараты из других материалов.

Фирма Авенариус в Германии уже давно изготовляет брагоперегонные аппараты чугунные, эмалированные.

Кузнецов и Алексеев изготовили чугунный аппарат своей системы «SA». Первый аппарат этой системы уже три года с успехом работает на Стецовском спиртовом заводе, Харьковского спиртрестра.

В настоящее время налажено серийное изготовление аппаратов «SA» разных мощностей, и Главспирт заказал около 20 шт. аппаратов этой системы.

Были опасения, что спирт из чугунных аппаратов будет иметь запах сероводорода, вследствие большого содержания серы в чугуне. Но на первых аппаратах этого обнаружено не было. Теперь появились жалобы на то: 1) что чугунные колпаки очень быстро изнашиваются, 2) что внутренние части аппарата, соединенные посредством медных болтов, также изнашиваются и 3) что в некоторых аппаратах имеется запах сероводорода.

Если чугунные колпаки быстро изнашиваются, то это доказывает, что они отлиты очень небрежно, со стенками весьма неравномерной толщины, с большим числом раковин. За изготовлением чугунных частей необходимо иметь постоянный надзор: как за качеством отливки, так и за качеством чугуна.

Над этим вопросом должны поработать литейные заводы, так как несомненно возможно получить кислотоупорный чугун или сталь, которые вместе с тем давали бы хорошее однородное литье.

Нужно иметь в виду, что чугунные части в соединении с медными быстро ржавеют, и потому лучше свинчивать внутренние части чугунной колонны помощью железных болтов, а не медных. Затем, чтобы спирт не имел запаха сероводорода, необходимо брать для литья чугун, не содержащий серы.

Ввиду дефицитности меди инженеры Бернштейн и Кузнецов предложили изготовлять керамиковые аппараты и выработали особую их кон-

¹ См. журн. «Бродильная промышленность», 1932 г. № 9 и 10.

струкцию. Идея эта хороша. В довоенное время у нас изготовляли керамиковые аппараты для перегонки уксусной кислоты, причем получали крепкую уксусную эссенцию.

Первый керамиковый аппарат, изготовленный по их проекту в Киеве, был неудачен. Необходима дальнейшая работа в этом направлении и можно надеяться на успех.

Контрольный снаряд для точного учета спирта бр. Сименс

Для правильного ведения производства очень важен ежесуточный точный учет выхода спирта. Точный учет его необходим также для целей обложения акцизом.

В практике спиртовых заводов давно завоевал себе известность по своим превосходным качествам контрольный снаряд бр. Сименс (рис. 417 и 174а).

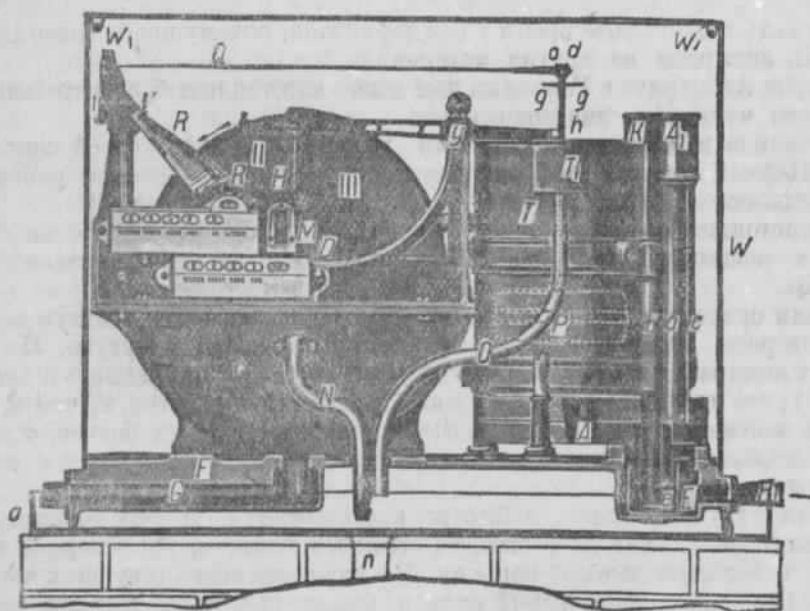


Рис. 174. Контрольный аппарат для учета спирта бр. Сименс (наружный вид).

Снаряд измеряет в литрах объем прошедшего через него спирта и вместе с тем (тоже в литрах) объем абсолютного (100%-ного) спирта.

Главной частью снаряда является вращающийся на горизонтальной оси барабан, изображенный в разрезе на рис. 174а. В наружный цилиндр барабана вставлен малый внутренний цилиндр D.

Оба цилиндра разделены тремя радиальными перегородками на три равные по объему части I, II и III. Измеряемый спирт попадает в кольцевое пространство между этими двумя цилиндрами. Когда барабан сделает полный оборот, спирт выльется из всех трех его отделений (выливаются

ровно 20 л), и счетчик, сидящий на одной оси с барабаном, отмечает это количество.

Спирт входит по трубе δ : сначала во внутренний цилиндр D , а из его отделения I , по щели τ_1 , течет струей, как показано на рисунке, в отделение I барабана. Так как центр тяжести барабана со спиртом при положении, указанном на рисунке, лежит в одной плоскости с осью барабана, то барабан, находясь в равновесии, не двигается. Но когда спирт, заполнив отделение I барабана, начнет через щель τ , заливать стоящее с левой стороны отделение II , тогда центр тяжести барабана отодвинется влево, барабан теряет равновесие и двинется, как показано, по стрелке. При этом щель τ_1 , через которую спирт вливался в отделение I , становится так высоко, что приток спирта дальше невозможен, а щель S_2 , через которую спирт должен выливаться, опускается вниз, заставляя спирт выливаться в корыто C , а из него по трубе G в спиртоприемный чан.

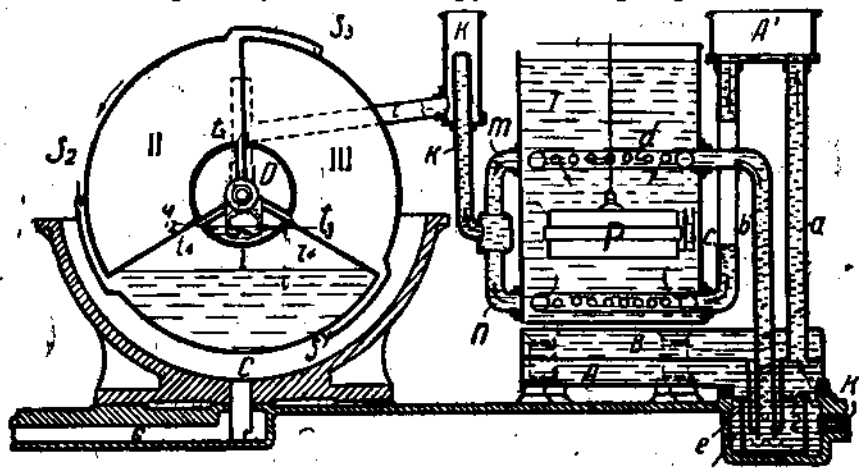


Рис. 174а. Контрольный аппарат для учета спирта бр. Сименс (продольный вертикальный разрез).

То место, которое занимало отделение I , займет отделение II , и все операции с ним повторяются, как и с отделением I .

Таким образом по мере притока спирта в контрольный снаряд барабан будет с каждым полным оборотом выливать точно 20 л, а связанный с ним посредством зубчатых колес счетчик будет учитывать этот спирт.

Для учета количества абсолютного спирта, какое прошло через снаряд, имеется в цилиндре T , куда вливается спирт из фонаря, поплавок P , который, как спиртомер, в более легком, иначе говоря в более крепком спирте, опускается вниз, а в слабом спирте—поднимается вверх. Поплавок подвешен на тонкой проволоке к концу пружины Q и помощью подвески h , колебания пружины, вызванные поплавком P , передаются указательной стрелке a .

Параллельно оси барабана имеется другая ось, около которой вращается передаточный рычаг RH . Конец его H своим роликом скользит по краям пластинки M , имеющей форму трилистника, укрепленной на

оси барабана и вращающейся вместе с последним. Другой конец передаточного рычага *РН* представляет собой пластинку, вырезанную по известной кривой и снабженную зубцами.

При вращении барабана приходит в движение пластинка *М*, вследствие чего левая сторона передаточного рычага пластинка *Н* двигается вправо и встречается с концом указательной стрелки *ж*, который тоже снабжен зубцами; они сцепляются зубцами то выше, то ниже, в зависимости от показаний поплавка. Вследствие этого второй счетчик, учитывающий количество абсолютного спирта, насаженный на оси передаточного рычага *РН*, делает неполный оборот, в то время как измерительный барабан делает полный.

Если например стрелка *ж* встретила с рычагом на крепости спирта по показателям поплавок $85\frac{0}{100}$, то в то время как счетчик барабана при одном обороте учтет полных 20 л спирта, счетчик абсолютного спирта учтет $20 \times 0,85 = 17,0$ л абсолютного спирта. Счетчик абсолютного спирта находится сверху, и на нем имеется надпись «абсолютный алкоголь», а счетчик, показывающий объем протекающего спирта в литрах, находится ниже, и на нем имеется надпись «спирт».

Естественно, что его показания всегда несколько больше, чем показания верхнего счетчика для абсолютного алкоголя.

В контрольном снаряде имеется еще весьма остроумное приспособление, направленное к тому, чтобы вокруг поплавка *Р* постоянно происходило перемешивание крепкого и слабого спирта. Это делается для того, чтобы показания поплавка были близки к истинным.

Для этой цели спирт из приемной трубы *К* входит в распределительную коробку *Е*, которая устроена так, что более крепкий и следовательно более легкий по своему удельному весу спирт поднимается вверх по трубке *а* в наставную коробку *А'*, а из нее по трубке *с* притекает в сборное ведро *Т*, в нижнюю кольцеобразную трубку со множеством дырочек; придя в сборник *Т*, этот легкий спирт будет естественно двигаться вверх. Между тем вступивший в распределительную коробку *Е* более слабый спирт (по содержанию абсолютного спирта), а следовательно — и более тяжелый по своему удельному весу, поднимается по трубке *б* и входит в сборное ведро *Т* через верхнюю кольцеобразную трубку со множеством отверстий, а так как этот спирт более тяжелый, то он естественно будет стремиться падать вниз. ¹²

Таким образом вокруг поплавка *Р* будет постоянное перемешивание крепкого и слабого спирта, что приблизит показание поплавка к истинному. Из этих кольцеобразных труб спирт по трубкам *м* и *к* отводится в высоко поставленную цилиндрическую коробку *К*, а из нее по трубке *г* поступает в измерительный барабан.

Контрольный снаряд бр. Сименс рассчитан на учет 35—40 джл спирта в час.

Для учета большего количества спирта необходимо поставить несколько контрольных снарядов.

Если производить стонку спирта слишком быстро (случайным образом или преднамеренно, чтобы получить спирт безакцизный), то имеется приспособление для отвода этого спирта в отдельный отводной чанок, устроенный под фундаментом контрольного снаряда.

Для этой цели на самом верху сборного ведра *T* припаян боковой карман *T*₁. В этом месте имеется в стенке ведра *T* вырез, так что когда в ведре *T* спирт будет подниматься, то раньше, чем пойти через край, он по вырезу входит в боковой карман *T*₁, из него в трубку *O*, отводящую неучтенный спирт в запломбированный отводной чанок.

Если при вскрытии контрольного снаряда обнаруживается в боковом кармане *T*₁ спирт, то это служит показателем, что сгонка шла слишком быстро, что контрольный снаряд не успевал учесть весь спирт, а потому он имеется и в боковом кармане, и в отводном чанке.

Точно так же, если с целью злоупотребления пожелают закупорить сливную трубку *G*, отводящую спирт в спиртоприемный чан, чтобы собрать спирт другим путем, то спирт будет собираться в корыте *C*, и, раньше чем он дойдет до края корыта, он по сифонной трубке *N* выльется в отводной чанок, находящийся под фундаментом и запломбированный.

Показания контрольного снаряда верны только при нормальной температуре спирта 15,5° Ц. Если температура ниже или выше, то показания снаряда отступают от истинных.

Чтобы несколько компенсировать ошибки этого рода, поплавки делают тонкостенным и его заполняют жидкостью (ацетоном), имеющей более высокий коэффициент расширения, чем спирт, так что поплавок при повышении температуры увеличивается несколько в объеме.

Как правило считается, что при температуре выше 15,5° Ц показания счетчиков контрольного снаряда выше истинных. Например по контрольному снаряду должно быть в спиртоприемном чану приблизительно 11500 л абсолютного спирта; но так как температура спирта была 22° Ц, то при определении количества спирта по спиртомеру в нем окажется только 11320 л.

Наоборот при низких температурах спирта контрольный снаряд недопоказывает. Если например температура спирта была 5° Ц и счетчики контрольного снаряда учли 11500 л, то при учете спиртомером в спиртоприемном чану может оказаться спирта 11680 л. В виду этого часто на заводах стремятся к тому, чтобы на холодильник брагоперегонного аппарата для спирта всегда шла очень холодная вода, чтобы иметь «лишний» спирт против показаний контрольного снаряда.

Бражной насос, бардяной насос, монжю и мерники для барды

Бражной насос

Для непрерывной подачи бражки на аппарат приводные насосы негодны, так как ускорение и замедление хода насоса производится помимо воли аппаратчика и ему очень трудно управлять аппаратом при таких условиях. В виду этого устанавливают при каждом брагоперегонном аппарате отдельный паровой бражной насос.

На заводах, на которых бражка совершенно жидкая и не имеет твердых частей, очень удобно устанавливать выше аппарата напорный чан с бражкой, из которого последняя будет идти на аппарат самотеком.

Бражный насос (рис. 175) состоит по существу из вертикальной маленькой быстроходной паровой машины, которая делает 100—120 об./мин. Вал ее посредством зубчатых колес передает движение самому бражному насосу, который делает 25—35 об./мин. В виду того, что бражка содержит грубые примеси, которые, попадая под клапан, вызывают остановки насоса, а последние сильно понижают его производительность, обычно делают в бражных насосах шаровые клапаны, из-под которых засорения, в виде тряпки, щепки, соломы и пр., быстро проскакивают, не задерживаясь.

Чтобы возможно было быстро очистить гнездо клапана от засорения, обе клапанные коробки имеют крышки с дугой, которая легко и быстро открывается и закрывается.

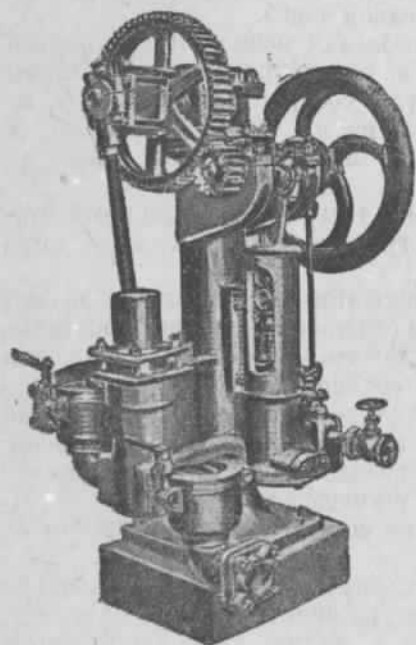


Рис. 175. Бражный насос.

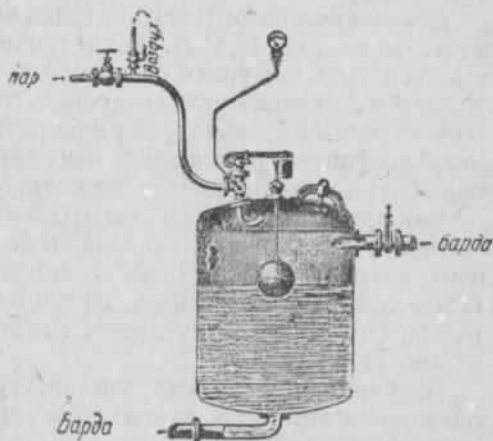


Рис. 176. Монжю для выкачки барды с поплавком.

Так как бражка содержит всегда растворенные газы: углекислый газ, воздух, то, чтобы насос более плавно работал, следует поставить на нагнетательной трубе насоса воздушный колокол, какой имеется у аппарата Кузнецова и Алексева (см. рис. 173).

В виду того, что бражка кислая и быстро разъедает железо, цилиндр, поршень и гнезда насосов делают из бронзы.

Бардяной насос

Если барда из аппарата поступает предварительно в резервуар, а из него насос качает ее на скотный двор, то устанавливают бардяной насос приводной, работающий посредством ремня от трансмиссии. Им выгоднее работать, чем паровым, так как последний расходует очень много пара (больше 30 кг на 1 л. с.).

Так как барда имеет температуру $102-103^{\circ}$ Ц и содержит кроме того поглощенные ею газы, почему насос перекачивает медленно, то, чтобы он лучше качал, следует:

а) цилиндр и поршень насоса опустить до дна резервуара, чтобы барда притекала в цилиндр насоса самотеком и чтобы не приходилось насосу всасывать кипящую барду; в последнем случае его коэффициент полезного действия сильно понижается;

б) для более ровного действия насоса следует как на всасывающей, так и на нагнетательной трубах насоса поставить воздушные колокола (как показано на рис. 173).

Монжю для выкачки барды

На очень многих заводах еще и до сих пор выкачивают барду посредством монжи. На рис. 176 изображена монжа с поплавком.

Барда притекает справа сверху по трубе и выходит снизу при открытии крана. Для того, чтобы видно было, как велико заполнение чана

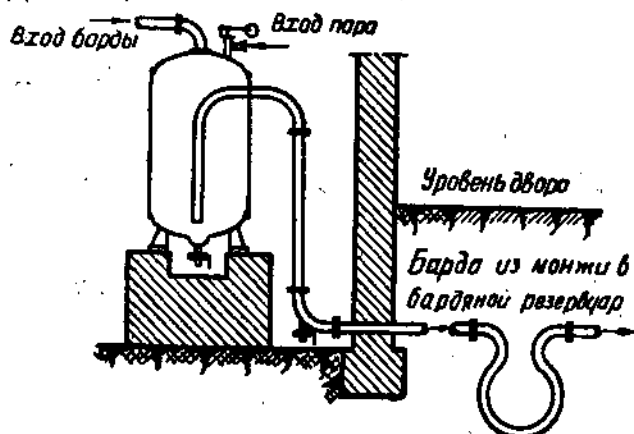


Рис. 177. Монжю для выкачки барды без поплавка с трубой и компенсатором.

бардой, внутри имеется пустотелый поплавок, движения которого передаются гирьке, переброшенной через блок. На крышке имеются предохранительный клапан, воздушный кран и паровая трубка с вентилем. Когда чан достаточно заполнен бардой, закрывают кран для выпуска барды, а также воздушный кран, и открывают кран для выхода барды и паровой вентиль. Пар, войдя сверху, давит на барду и выжимает ее на скотный двор или в другое помещение. Когда вся барда будет выдавлена, закрывают выпуск пара, открывают воздушный кран и кран для выпуска барды.

Монжю неудобна тем, что забирает много пара даже при аккуратном уходе за нею, т. е. тогда, когда после выхода барды выпуск пара закрывают немедленно. Но часто наблюдение осуществляется неудовлетворительно, и пар еще долгое время идет в монжу, а из нее, без пользы, на двор. Тогда расход пара очень велик. Многие предпочитают поэтому перекачивать барду сжатым воздухом.

Так как барда кислая и притом горячая жидкость, она очень быстро разъедает железную монжю и трубы. Чтобы железные части не так изнашивались, принимают следующие меры; стараются, чтобы железные части были в соприкосновении с кислой бардой только в течение неизбежно необходимого времени. С этой точки зрения монжю, показанная на рис. 176, выгоднее, чем монжю без поплавка (рис. 177), так как после выдувания совсем не остается барды. Трубы устраивают с уклоном в одну сторону, так что по окончании выдувания вся труба пустая; в ней барды совсем не остается.

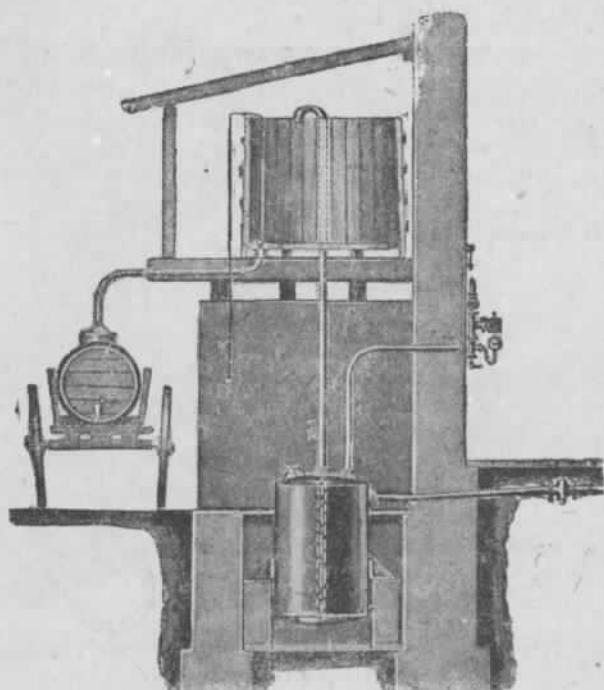


Рис. 178. Монжю и мерник для отпуса барды в бочки.

Для кислой барды хорошо устраивать трубы из меди. Такие медные трубы служат с успехом более 20 лет. Железные трубы быстро пропадают и часто выносят только 1—2 производства; более стойки чугунные трубы.

При укладке бардяных труб необходимо иметь в виду, что трубы эти подвергаются частым изменениям температуры: то через них выдувается барда с температурой 102°C , то они подвергаются действию мороза -20°C ; вследствие этого происходит то удлинение, то сжатие труб и свертки их быстро расходятся и начинают течь. Чтобы избежать этого, устраивают на трубе, через каждые 35 м, компенсатор или в виде сальника, или в виде изогнутой, как пружина, медной трубы, как показано на рис. 177.

Устройство для отпуска барды в бочки

На рис. 178 показано устройство для отпуска барды в бочки. Чтобы паровые трубы, употребляемые для выжимания и для подогрева барды, не замерзали, все паровые вентили находятся за стенкой в теплом помещении.

Главная масса барды находится внизу, в большом чану. Для отпуска барды в бочки поставлен наверху мерник, в нем плавает поплавков, от которого идет проволока к указательной шкале, показывающей, сколько декалитров барды отпущено из мерника в бочку.

Чтобы напустить барду в бочку, нужно только потянуть вниз ручку, соединенную с клапаном мерника.

Для наполнения мерника служит мунжю, стоящая рядом с большим чаном, из которого барда поступает в мунжю самотеком.

Если разбор барды большой, то устанавливают 2—3 таких мерника так, чтобы к каждому был отдельный подъезд.

Вся площадка кругом бардоразборного чана должна быть вымощена камнем до самой дороги, иначе около чана образуется большая грязь.

ВОПРОСЫ

1. В чем заключается закон температур при простой перегонке? В чем заключается закон крепостей? Как можно использовать эти законы для регулирования работы сложных аппаратов? Чем разнятся данные Гренинга от данных Сорелли и Бергштрема? Чем отличается перегонка спирто-водной смеси под разрежением от обычной перегонки при давлении 1,3 атм.?

2. Что такое сложная перегонка? Какие Вы знаете методы укрепления спиртовых паров? В чем заключается процесс ректификации? Опишите устройство ректификаторов для бражки и для спирта: одинарного кипячения, двойного кипячения, ситчатые, накидные.

3. В чем заключается процесс дефлегмации? Как устроены дефлегматоры Савалли, Писториуса, Бома? Производит ли дефлегматоры укрепление спирта? Принципы Пампе для правильного суждения о совершенстве работы дефлегматоров-ректификаторов.

4. Как устроены дефлегматоры: Вагенера, Авенариуса, Кузнецова и Алексеева, Гольцера-Гримма? Какова величина дефлегматоров?

5. Как устроен холодильник-кюлер для спирта? Как устроены трубчатые и эмееобразные холодильники? Какова величина холодильников? Какую роль играет бражная регулятор? Каково устройство впуска пара в аппарат?

6. Как устроен регулятор пара Бормана? Чем он облегчает работу аппарата в регулировании работы аппарата? Как устроены пробник барды и лютера? Как устроены фонарь и фильтр для спирта? Нужен ли при брагоперегонном аппарате водяной манометр и для чего он служит?

7. Как устроен периодически действующий брагоперегонный аппарат Писториуса? Как вести на нем работу? Какова его производительность?

8. Как устроен одноколонный непрерывно действующий брагоперегонный аппарат Бома? Как устроен двухколонный непрерывно действующий аппарат? Сколько тарелок имеется в бражной колонне, в спиртовой?

9. Как устроен непрерывно действующий брагоперегонный аппарат Ильгеса? Чем отличаются его бражная колонна и ректификатор от обыкновенных? Как регулирует Ильгес приток бражки на аппарат? Какой у Ильгеса дефлегматор? Какой крепости спирт получал Ильгес на описанном аппарате?

10. Как устроен аппарат Кузнецова и Алексеева? Чем он отличается от других аппаратов? Как устроены тарелки? Какой ширины слой жидкости на тарелках? Какова скорость паров, проходящих через щели? Какие преимущества дефлегматора у этого аппарата?

11. Как устроить брагоперегонный аппарат, чтобы получить на нем сырой спирт крепостью 94—95% объем? Как оборудованы французские брагоперегонные аппараты для сырого спирта?

12. Как вести работу на брагоперегонных аппаратах? Как собрать части аппарата? Как испробовать аппарат водой? Как пропустить и как остановить брагоперегонный аппарат? Как производить чистку и мойку аппарата?

13. Что может вызвать остановку в работе аппарата? Как проявляется засорение фильтра для спирта в аппарате? Как выражается засорение тарелок бражной или люгтерной колонны? Может ли быть плохая работа аппарата из-за трудного выхода воздуха из аппарата? Чем объяснить тот факт, что при изменении количества воды на холодильник для спирта изменяется не температура спирта, а количество и крепость его? Почему при форсировке работы на аппарате, через холодильник проходит теплый спирт? По какой причине большое количество спирта в барде?

14. Зависит ли производительность 1 м² поперечного сечения аппарата от величины аппарата, от конструкции аппарата, от конструкции дефлегматора? Какой наименьший и наибольший расход пара на 100 кг бражки? Как переделывать аппараты Виганда и Бома, чтобы уменьшить на них расход пара и топлива? Как велик расход воды на 100 кг бражки на перегонных аппаратах?

15. Каковы преимущества медных аппаратов? Каковы недостатки железных и чугунных аппаратов? Возможно ли построить чугунные аппараты, которые бы долго работали?

16. Как устроен контрольный снаряд для учета спирта бр. Сименс? Сколько спирта выливается в спиртоприемный чан при одном полном обороте барабана? Какое назначение пластинки-трилистника, сидящей на оси барабана? Почему счетчик абсолютного спирта записывает только примерно 17 л, в то время как счетчик барабана записывает 20 л? Как производится хорошее перемешивание спирта кругом поплавок снаряда? Зачем нужен поплавок в снаряде?

17. Почему не следует устанавливать приводных бражных насосов? Какие клапаны делают на бражных насосах? Чем отличается метод установки бражных насосов от барданных? Как должна быть устроена мойка для барды? Как должен быть устроен трубопровод для барды?

ГЛАВА XX

Утилизация хлебно - картофельной барды

СОСТАВ ХЛЕБНО-КАРТОФЕЛЬНОЙ БАРДЫ

Согласно постановлению XVII партийного съезда, развитие животноводства как одна из великих первоочередных задач стоит в центре внимания всех местных советских и партийных органов.

Для мощного развития животноводства нужна прежде всего твердая кормовая база. В ряду поставщиков кормов спиртовые заводы занимают видное место, и каждому работнику спиртовой промышленности необходимо знать, что представляет собой барда и какова ее кормовая ценность.

Химический состав барды

Барда не представляет собой вещества строго определенного состава; последний зависит от качества самого сырья: картофеля, зерна, качества зерна на солод, от методов работы, совершенства процесса брожения, от правильности ведения перегонки. Однако можно принять средний состав, от которого в фактическом составе будет небольшое отступление (табл. 54).

Таблица 54

Химический состав хлебно-картофельной барды

Составные части	Картофельная барда		Ржаная барда		Кукурузная барда	
	% от всей барды	% от сухого вещества	% от всей барды	% от сухого вещества	% от всей барды	% от сухого вещества
Вода	93,3	—	92,2	—	91,3	—
Сухой остаток	5,7	—	7,8	—	8,7	—
В том числе:						
Злака	0,7	12,28	0,4	5,13	0,5	5,75
Азотистые вещества	1,2	21,05	1,7	21,80	2	22,99
Жир	0,1	1,75	0,4	5,13	0,9	10,35
Клетчатка	0,6	10,53	0,7	8,98	0,8	9,19
Безазотистые экстрактивные вещества	3,1	54,89	4,6	58,96	4,5	51,72

Влияние большого содержания воды

При изучении состава барды видно, что в ней очень большой процент воды—92—94%. Барда принадлежит к самым водянистым кормам.

Это большой недостаток ее, неприятный по следующим причинам.

1. Большое количество воды разжижает кровь животного, и чтобы передвигать это большое количество крови внутри организма, нужна большая затрата энергии за счет источников питания.

2. Поглощенный организмом избыток воды необходимо сначала нагреть до температуры организма для той части, которая удаляется из организма в жидком виде (моча), а ту часть, которая выходит из организма в виде паров через кожу и легкие, необходимо раньше обратить в пар, на что также тратится непроизводительно часть корма.

3. Большое количество воды необходимо прогнать через почки, эта усиленная деятельность ослабляет почки.

4. Вследствие поглощения большого количества воды ткани у животного становятся более водянистыми и животное слабеет, становится менее выносливым, менее работоспособным.

Эти недостатки кормления еще усиливаются, если кормить скот холодной бардой.

С другой стороны, следует отметить, что кормежка молочных коров горячей бардой очень полезна, так как она увеличивает удой молока.

Содержание азотистых веществ в барде

Интересно, что в процессах спиртового производства количество питательных азотистых веществ, усвояемых организмом животного, не только не понижается, но наоборот увеличивается.

Так последние опыты Фельца показали, что в сырых материалах картофелябельного затора содержится белков 70%, а амидов 30%, барда же, полученная из них, имеет белков 80% и амидов 20%.

Точно также очень велик процент белка по отношению к общему содержанию азотистых веществ в кукурузной и хлебной барде, что видно из табл. 55.

Содержание белков в барде (в %)

Таблица 55

Б а р д а	По Моргену		По Датрику	
	белки	небелки	белки	небелки
Ржаная	80	20	80	20
Из смеси кукурузы и ржи	94	6	88	12
Из кукурузы	—	—	90	10

В виду этого можно сказать, что если вся пищевая промышленность имеет тесную связь с сельским хозяйством, то спиртовая промышленность

является в этом отношении передовой, так как она забирает из сырых сельскохозяйственных материалов только крахмал, превращая его в спирт, а все остальные питательные вещества, имеющиеся в материалах, не только не понижаются, но улучшаются в своем качестве — количество белков в барде увеличивается; барда идет на корм скоту, который из барды дает мясо, сало, молоко, масло и навоз, идущий обратно в землю для улучшения урожая.

Содержание жиров и углеводов

Жировые вещества совершенно не усваиваются дрожжами и целиком переходят в барду. Картофельная барда бедна жирами; более богата ржаная и в особенности кукурузная (см. табл. 55). Жиры очень ценны, так как усваиваются организмом животных.

Несбродившие углеводы: несброженный крахмал, несброженные декстрины и нерастворившийся крахмал целиком усваиваются животным организмом, поэтому при плохом ведении производства часто получается барда повышенного качества.

Безазотистые вещества, неспособные к брожению

Оюда принадлежат пентозы и пентозаны, которые дрожжами не обрабатываются, но полностью усваиваются животным организмом и потому хороши как корм.

Клетчатка переходит из заторов целиком в барду, но усваивается организмом животных не целиком.

В барде содержится еще глицерин, молочная кислота и янтарная кислота, которые также относятся к усваемым.

Что касается минеральных веществ, то в барде имеются в большом количестве калийные соли, фосфорнокислые соли; замечается недостаток извести. Для пополнения этого недостатка хорошо давать корм, содержащий много кальция (например сено) или добавлять в корм отмученный мел: дойной корове следует давать 100 г в день, молодому скоту 50 г в день.

Присутствие спирта в барде недопустимо по причине потери спирта. На здоровье же скота и качестве молока оно отражается мало. По опытам Пунтца, при продолжительном скармливании скоту барды с добавлением к ней в сутки 1,5—2,0 кг спирта на 1 000 кг живого веса, добавление его не оказывало плохого влияния на организм скота, лишь животные становились очень подвижными.

Кормовая ценность различных сортов барды

Для сравнения ценности барды и перерабатываемого сырого материала Фельц дает следующие цифры, помещенные в таблице 56.

При изучении данных этой таблицы видно, что калорийность 100 кг барды равна приблизительно 32% калорийности первоначального картофеля и солода только потому, что понизилось содержание углеводов в то время, как количество азотистых веществ осталось неизменным. Барда является кормом, очень богатым азотистыми веществами.

Химический состав сырых материалов и полученной из них барды

Составные части	Картофель		Кукуруза	
	100 кг сырья (картофель + + солод + + дрожжи) содержат в кг	барда из 100 кг этого сырого материала содержит в кг	100 кг сырья (кукуруза + + солод + + дрожжи) содержит в кг	барда из 100 кг этого сырья содержит в кг
Сухое вещество	25,0	7,54	87,0	28,67
В том числе:				
Зола	1,04	1,01	1,30	1,40
Протеин	1,96	1,96	9,63	9,63
Жир	0,06	0,054	3,40	3,19
Клетчатка	0,42	0,56	2,47	2,72
Безазотистые экстрактивные вещества	21,52	3,96	70,2	11,73

Калорий в 100 кг 103 540 : 32 280 = 31,2% от числа калорий в сырье.

Из своих многолетних и тщательных опытов Фельц пришел к заключению, что кормовая ценность картофельной и кукурузной барды равна $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ ценности тех сырых материалов, из которых изготовлен затор.

Правильный откорм скота бардой

Барда является здоровым и продуктивным кормом в том смысле, что при кормлении молочных коров бардой они увеличивают удой молока и количество жира в нем, а при откорме на убой скот прибавляет в весе. При откорме необходимо соблюдать следующие правила.

1. Первым требованием является давать барду в умеренном количестве. Максимальной дачей барды, допустимой на голову скота, считают:

Для дойных коров	40 л	Для молодняка	25 л
> рабочих волов	50 >	> лошадей	15 >
> откармливаемых волов	60 >	> овец	2—3 >

Стельным коровам совсем не следует давать барды.

2. Необходимо, чтобы барда была здоровая, с малой кислотностью, т. е. важно, чтобы брожение шло нормальное, с малым нарастанием кислотности.

Если производство идет плохо, с большим нарастанием кислотности, то следует барду хорошо прокипятить. Если барда сильно кислая, то следует небольшие порции ее перед дачей несколько нейтрализовать отмученным мелом, но так, чтобы небольшая кислотность осталась; сполна

нейтрализованная барда становится безвкусной, и скот отказывается ее есть.

3. Не следует нейтрализовать большое количество барды, так как нейтрализованная барда легко закисает и портится. Не следует оставлять на ночь небольшие порции барды в чану. Температура понизится, и явится нездоровое закисание. Лучше оставить барду в мочку и утром, до употребления, ее прокипятить.

4. Кормушки и желоба для барды следует ежедневно мыть и почаще дезинфицировать известью.

5. Вышеуказанные порции барды ни в коем случае не следует давать сразу, а лучше в 3 приема.

6. Хорошо скармливать барду вместе с соломенной сечкой. Для правильного откорма скота следует обязательно кроме барды давать и другие корма, соблюдая известные рационы.

В табл. 57 приведены данные откормочного управления Главспирта, показывающие, по каким рационам следует кормить крупный рогатый скот, чтобы успеть откормить его за 3 мес.

Из этой таблицы видно, что для откорма скота нужно кроме барды давать: подсолнечные жмыхи, пшеничные отруби, кукурузную дерть и пр. Если корма, назначенного по таблице, не имеется и его надо заменить другим, то можно это сделать, руководствуясь табл. 57, в которой указаны в гр. 5 кормовые единицы, т. е. сколько содержится в 1 кг кормовых единиц.

В отделе «Зерновой корм» этой таблицы указано, что 1 кг овса или проса составляет одну кормовую единицу; один кг ячменя, или ржи, или пшеницы составляет 1,2 кормовых единиц, а 1 кг кукурузы — 1,4 кормовых единиц.

Если например нужно дать в рацион 0,5 кг кукурузной дерти, или $0,5 \times 1,4 = 0,7$ кормовых единиц, но имеется только ячменная дерть, то берем следовательно ячменной дерти в количестве $0,5 \times 0,7 = 0,35$ кг ячменя.

Бардяной мокрец

При кормлении скота бардой он иногда заболевает кожной болезнью, называемой «бардяной мокрец». На задних конечностях у животных, которых кормят картофельной бардой или сырым картофелем, появляется острое воспаление кожи. Кожа на верхних слоях дает выпот, вследствие чего на местах, свободных от шерсти, появляются пузырьки; из последних вытекает серозный выпот; он засыхает в серые корки, которые, смешиваясь с грязью, образуют толстую кору; последняя и наблюдается у заболевших животных.

Над копытами некоторые участки кожи мертвеют, и образуется гангрена. Болезнь иногда поражает не только кожу, но захватывает и связки и даже кости.

В тяжелых случаях воспаление кожи поднимается выше, захватывает даже участки груди и шеи, что становится весьма мучительным для животного. В редких случаях болезнь кончается смертью; она очень изнуряет животное, и оно худеет, несмотря на обильный корм.

Рационы откормочного управления Главспарга для крупного рогатого скота (300 кг живого веса) при трехмесячном сроке откорма

Наименование кормов	I период				II период				III период				IV период			
	вес в кг	кормовые единицы	переваримого	белка в кг	вес в кг	кормовые единицы	переваримого	белка в кг	вес в кг	кормовые единицы	переваримого	белка в кг	вес в кг	кормовые единицы	переваримого	белка в кг
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
I. Отруби пшеничные	0,5	0,4	0,06	2,0	1,6	0,22	2,0	1,6	0,22	3,0	2,4	0,33				
Кукурузная дерть	—	—	—	—	—	—	0,5	0,7	0,03	1,0	1,4	0,07				
Подсолнечный жмых	0,5	0,6	0,15	0,5	0,6	0,15	1,0	1,2	0,39	2,0	2,3	0,61				
Сено луговое хорошее	6,0	2,6	0,19	6,0	2,6	0,19	6,0	2,6	0,19	4,0	1,7	0,18				
Барда хлебно-картофельная	60,0	2,6	0,3	60,0	2,6	0,3	45,0	1,9	0,23	49,0	1,7	0,2				
Итого	—	6,2	0,7	—	7,40	0,86	—	8,0	1,06	—	9,5	1,39				
II. Отруби ржаные	0,5	0,4	0,06	2,0	1,6	0,22	2,0	1,6	0,22	3,0	2,4	0,33				
Ячменная дерть	—	—	—	—	—	—	0,5	0,6	0,04	1,0	1,1	0,08				
Льняной жмых	0,5	0,6	0,14	0,5	0,6	0,14	1,0	1,2	0,27	2,0	2,4	0,54				
Овсяная солома	6,0	1,7	0,06	6,0	1,7	0,06	6,0	1,7	0,06	4,0	1,1	0,04				
Барда хлебно-картофельная	60,0	2,6	0,3	60,0	2,6	0,3	45,0	1,9	0,23	40,0	1,7	0,2				
Итого	—	5,3	0,55	—	6,5	0,72	—	7,0	0,82	—	8,7	1,19				
III. Отруби пшеничные	0,5	0,4	0,06	2,0	1,6	0,22	2,0	1,6	0,22	2,5	2,0	0,28				
Просяная мука	—	—	—	—	—	—	0,5	0,5	0,04	1,0	1,0	0,07				
Подсолнечный жмых	0,5	0,6	0,15	0,5	0,6	0,15	1,0	1,2	0,39	2,0	2,3	0,61				
Сено	3,0	1,3	0,09	3,0	1,3	0,09	3,0	1,3	0,09	3,0	1,3	0,09				
Озимая солома	3,0	0,6	0,005	3,0	0,6	0,005	3,0	0,6	0,005	2,0	0,04	—				
Барда хлебно-картофельная	60,0	2,6	0,3	60,0	2,6	0,3	45,0	1,9	0,23	40,0	1,7	0,2				
Итого	—	5,5	0,605	—	6,7	0,765	—	7,2	0,975	—	8,7	1,25				

Кормовое достоинство разных кормов
(Содержание в 1 кг) ¹

Вид корма	Перевари- ваемый белок в кг	Перевари- ваемые безазоти- стые ве- щества в кг	Крахмаль- ный экви- валент ²	Кормовые единицы ³
1	2	3	4	5
Зеленые корма				
Трава луговая перед цветением	0,02	0,14	0,13	0,2
Зеленая кукуруза	0,01	0,10	0,09	0,1
Клевер до цветения	0,01	0,09	0,09	0,1
> в цвету	0,02	0,10	0,10	0,2
Ботва сахарной свеклы с головкой	0,01	0,08	0,08	0,1
Сено				
Луговое среднее	0,03	0,38	0,24	0,4
> плохое	0,02	0,36	0,19	0,3
Клеверное среднее	0,05	0,40	0,28	0,5
Кукуруза	0,03	0,44	0,26	0,4
Силосованный корм				
Кукуруза силосованная	0,01	0,17	0,13	0,2
Клевер >	0,02	0,10	0,09	0,1
Силосованная трава	0,01	0,09	0,08	0,1
> ботва сахарной свеклы	0,00	0,10	0,09	0,1
Жом силосованный	0,00	0,09	0,06	0,1
Картофельная ботва силосованная	0,00	0,10	0,08	0,1
Картофель силосованный	—	0,23	0,22	0,4
Солома				
Ржаная средняя	0,00	0,36	0,11	0,2
Пшеничная озимая средняя	—	0,35	0,11	0,2
Овсяная	0,01	0,38	0,17	0,3
Ячменная	0,01	0,41	0,19	0,3
Кукурузная без початков	0,01	0,42	0,20	0,3
Мякина				
Ржаная	0,01	0,34	0,22	0,4
Пшеничная	0,01	0,32	0,24	0,4
Овсяная	0,01	0,35	0,65	0,5
Ячменная	0,01	0,33	0,24	0,4
Кукурузные початки без зерен	0,01	0,43	0,21	0,3
Корнеклубнеплоды				
Кормовая свекла	0,00	0,09	0,06	0,1
Сахарная свекла	0,00	0,21	0,16	0,3
Картофель средний	0,04	0,70	0,74	1,2

¹ Таблица эта заимствована у Попова — «Кормовые нормы и кормовые таблицы».

² Крахмальным эквивалентом Кельнер считает 1 кг усвояемых безазотистых веществ и клетчатки, причем 1 кг усвояемого белка = 0,94 кг крахмального эквивалента.

³ Кормовой единицей считают 1 кг овса средних качеств.

Таблица 58 (продолжение)

Вид корма	Перевари- ваемый бе- лок в кг	Перевари- ваемые безазоти- стые ве- щества в кг	Крахмал- ный экви- валент	Кормовые единицы
1	2	3	4	5
Зерновой корм				
Овес средний	0,07	0,56	0,60	1,0
Ячмень »	0,06	0,68	0,72	1,2
Рожь »	0,09	0,67	0,71	1,2
Пшеница »	0,09	0,68	0,71	1,2
Кукуруза » зерно	0,07	0,76	0,82	1,4
Просо	0,07	0,55	0,60	1,0
Продукты мельниц				
Мука ржаная кормовая	0,10	0,68	0,70	1,3
» пшеничная »	0,11	0,63	0,73	1,2
» овсяная	0,10	0,76	0,80	1,4
» кукурузная	0,06	0,72	0,58	1,3
» гороховая	0,15	0,53	0,65	1,3
» гречневая	0,05	0,66	0,40	0,7
Отруби пшеничные крупные	0,09	0,46	0,43	0,7
» » мелкие	0,11	0,51	0,48	0,8
» ржаные	0,11	0,50	0,47	0,8
» овсяные	0,03	0,49	0,45	0,7
» ячменные	0,11	0,58	0,66	0,1
» кукурузные	0,06	0,63	0,65	0,1
Ж м ы х и				
Льняной, заводской	0,27	0,48	0,72	1,2
Подсолнечный	0,31	0,42	0,68	1,1
Конопляный	0,23	0,32	0,49	0,8
Рисовый	0,23	0,50	0,61	1,0
Рыжиковый	0,26	0,49	0,71	1,2
Кукурузный	0,14	0,62	0,71	1,2
Соя	0,38	0,41	0,75	1,2
Отходы технических про- изводств				
Жом сахарный свежий	0,00	0,03	0,05	0,1
» » кислый	0,00	0,09	0,06	0,1
» » сушеный	0,04	0,63	0,52	0,9
Патока кормовая	0,00	0,55	0,48	0,8
Масса картофельная свежая	0,00	0,10	0,09	0,1
Пивная дробина сырая	0,04	0,12	0,13	0,2
» » сухая	0,14	0,48	0,50	0,8
Солодовые ростки	0,11	0,42	0,39	1,6
Ржаная барда свежая	0,01	0,05	0,05	0,1
» » сухая	0,08	0,43	0,41	0,7
Картофельная барда сырая	0,00	0,02	0,03	0,25
Кукурузная » »	0,01	0,05	0,06	0,1
» » сухая	0,15	0,57	0,61	1,0

Замечено, что заболевает мокрецом рогатый скот, независимо от пола и возраста; породистый скот более склонен к заболеваниям. Рабочий скот, проводящий много времени вне стойла, заболевает реже, и болезнь проходит у него легче.

Меры борьбы с этой болезнью заключаются в следующем.

1. Нужно соблюдать чистоту в кормушках, желобах, бочках и в особенности в стойле.

2. Не кормить скот застоявшейся холодной бардой, а раньше ее прокипятить или по крайней мере нагреть до 75°C и дать постоять при этой температуре 20—30 мин.

3. Очень кислую барду, как уже раньше указано, следует нейтрализовать мелом до кислотности 0,6—0,7° Дельбрюка.

4. Необходимо принять меры, чтобы бражка в чану хорошо выбродила до поступления на перегонку.

5. Замечено, что болезнь эта редко бывает при кормлении хлебной ржаной или кукурузной бардой, а поэтому советуют при появлении этой болезни, перейти на кормление скота смешанной бардой—хлебно-картофельной.

Консервирование барды посредством молочнокислого закисания

Спиртовые заводы СССР перешли на десятимесячное производство. Зимой, когда кормов на поле нет, барда большею частью вся скармливается скоту; но осенью, весной и в особенности в летние месяцы значительная часть ее остается неиспользованной. В 1928—1930 гг. осталось неутилизированной приблизительно 27—28% барды. Если перевести ценность этой неиспользованной барды на рационный эквивалент ячменя, то это должно составить не менее 50 000 т в год.

Очевидно, что вопрос о полной утилизации хлебно-картофельной барды заслуживает самого серьезного внимания.

Так как в сахарном производстве, близком к спиртовому, уже многие годы консервируют получаемый отброс производства «жом» посредством молочнокислого закисания, то само собой напрашивалась мысль, нельзя ли применять этот метод молочнокислого закисания и по отношению к хлебно-картофельной барде. Этим вопросом занимался инж. А. Ф. Беренштейн¹ во Всеукраинском научно-исследовательском институте ферментативной промышленности под руководством проф. А. А. Фукса.

Работа эта показала, что можно успешно производить консервирование барды посредством молочнокислого закисания, задавая в барду матку из молочнокислых бактерий Дельбрюка.

Опыты, поставленные в 1930 и 1931 гг. на украинских спиртовых заводах: Трилесском, Юрковецком, Коростышевском, Немировском, Косарском и др., дали хорошие результаты.

Из этих опытов выяснилось, что барда лучше закисала при добавлении соломенной резки, а еще лучше—при добавлении измельченных кукурузных початков.

¹ См. А. Ф. Беренштейн, Консервирование хлебно-картофельной барды путем молочнокислого закисания, 1933 г.

Для более чистого закисания следует иметь над гущей защитный слой жидкости в 100—150 мм.

Без этого жидкого слоя сверху происходит загнивание верхнего слоя и порча барды.

Закисшая барда имела следующий химический состав (в %):

Влажность	85,38	Безазотистые экстрактивные	
Сухие вещества	14,62	вещества	5,69
Общее количество белков .	3,5	Сырой жир	0,24
Несухие вещества	24,0	Клетчатка	0,86
Перевариваемые белки . . .	1,73	Зола	2,60
		Кислотность по Дельбрюку	2,6
		Из них: летучих кислот . .	9,0

Кислая барда охотно поедалась как молочными коровами, так и рабочим скотом и давала лучшие результаты, чем свежая.

Из своих опытов А. Ф. Веренштейн делает следующие выводы.

1. Консервирование барды молочнокислым закисанием вполне осуществимо и дает возможность сохранить во время летнего производства спирта большое количество барды, которое может быть рационально использовано.

2. Добавление грубых кормов: соломенной резки, мякины или лучше молотых початков способствует увеличению кормовой ценности барды.

3. Барда может сохраняться в небольших открытых ямах, что дает возможность без крупных капиталовложений осуществить ее консервирование.

4. Для предохранения от загнивания над поверхностью осевшей массы должен быть слой жидкости в 100—150 мм.

5. Для предотвращения развития в барде посторонних микроорганизмов необходимо добавлять молочнокислые бактерии в первый день выкочки в ямы свежей барды.

6. Количество необходимой молочнокислой матки равно 4% по объему к первому суточному заливу барды в яму.

7. Одна порция молочнокислой матки может быть задана в два приема.

8. Молочнокислая matka готовится из 1 ч. сладкого сусла и 10 ч. барды, куда задаются молочнокислые бактерии чистой культуры.

9. Температура барды во время задачи молочнокислых бактерий не должна быть больше 55° Ц.

10. Для лучшего развития в барде молочнокислых бактерий следует повторить задачу последних после окончательной заливки всей ямы бардой.

11. При задаче в бардажные ямы, где происходит закисание барды, соломенной резки, мякины или молотых кукурузных початков следует, для предупреждения попадания с последними посторонних микроорганизмов, опшаривать их непосредственным соприкосновением с горячей бардой.

12. Для получения более концентрированного корма необходимо как можно большее количество влаги выпарить из барды путем возможно большего соприкосновения ее с потоком воздуха, что достигается раз-

брызгиванием горячей барды, путем направления ее через трубопроводы на каскады, а оттуда в бардяные ямы.

Для практического пользования этим методом Всеукраинский научно-исследовательский институт ферментативной промышленности дает следующую инструкцию.

ИНСТРУКЦИЯ

по консервированию барды посредством молочнокислого закисания

1. Для консервирования барды нужно выкопать несколько ям вместимостью каждая 5—10-дневной производительности завода.

Одна такая яма может вместить, в зависимости от поглотительной способности грунта, 10—20-дневную продукцию завода.

Количество ям будет увеличиваться по мере надобности.

Размеры ямы: глубина 1,5—2 м¹, ширина—6—7 м, длина в зависимости от производительности завода.

Стены ям копать по углу естественного откоса грунта.

В зависимости от качества почвы, стены ямы укрепляются обанолом или хворостом.

Размеры ям выбирать из расчета, чтобы полный суточный залив барды в яму был не менее 0,35—0,4 м высотой.

2. Для возможно большего удаления влаги из барды следует последнюю, до поступления в ямы, пропускать через разбрызгивающие приспособления (каскады); последние необходимо ежедневно очищать и дезинфицировать, чтобы не дать возможности развиваться посторонним вредным микроорганизмам.

3. Молочнокислые бактерии должны задаваться в жидкую барду в течение первых суток залива ямы.

Если вследствие поглощения почвы в яме после первой суточной выкачки остается одна гуща, то необходимо повторить задачу молочнокислых бактерий через несколько дней, распределяя ее по всей поверхности ямы равномерно.

4. Количество задаваемой в барду молочнокислой закваски должно составлять 3—4% по объему всей выкачиваемой за сутки барды.

5. Для приготвления кислой матки следует вылить 10 ч. барды и 1 ч. сладкого затора, довести смесь до температуры 50—55° Ц, задать молочнокислых бактерий Дельбрюка, в размере 3—4% ко всей смеси и поддерживать в массе температуру 50—55° Ц до достижения кислотности в 2—2,5° Дельбрюка, что достигается обыкновенно через 36—48 час.

6. Из чанка выкачивается готовая закисшая матка в бардяные ямы насосом таким образом, чтобы ни в трубопроводах, ни в самой яме температура не была больше 55—56° Ц.

7. При наличии большого размера бардяных ям задачу молочнокислой матки необходимо повторить 2—3 раза, что приведет к лучшему закисанию.

8. При наличии на заводе откормочного пункта и возможности получения соломы или мякны следует при заливке ямы задавать в нее указанные грубые корма в размере 10% по весу перерабатываемого зернового сырья. Этим повышается кормовое достоинство барды.

9. Заводы, перерабатывающие кукурузу и получающие ее в початках, добавляют в барду молотые початки в размере 15—25% по весу кукурузы, что еще в большей мере увеличит кормовое достоинство барды и повышает ее консистенцию.

10. При переработке свса и ячменя с предварительной обрушкой отходы следует также задавать в барду для повышения кормового достоинства последней.

11. При задаче резки, мякны, молотых початков и др.,—следует их опаривать горячей бардой для предотвращения возможности попадания посторонних микроорганизмов в барду.

Барду в ямах хранить так, чтобы поверх густого осевшего слоя барды была жидкая часть высотой 100—150 мм, которая предохраняла бы барду от загнивания.

¹ В зависимости от уровня стояния грунтовых вод.

12. По мере испарения жидкости или впитывания ее грунтом, необходимо доливать ему свежей бардой.

13. При откорме скота давать барду в умеренных количествах и соблюдать положенные рационы.

При получении кислой барды повышенной консистенции—рассирошлить такую перед скармливанием горячей водой.

В присутствии большого количества (больше 18—20%) летучих кислот, для нейтрализации таковых добавляется отмученный мел в размере 20 г на каждые 10 л барды и скармливать ее следует обязательно с грубыми кормами, содержащим в достаточной мере известковые соли, (бобовая, виковая и гречихная солома).

14. Трубопроводы и жолоба, откуда поступает барда в стойла для скармливания, должны обязательно ежедневно тщательно очищаться и дезинфицироваться известковым раствором или кислой сернокислой известью.

Стойла должны иметь хорошую вентиляцию. Жижика должна иметь сток и выводиться наружу. Навоз необходимо своевременно убирать и подстилку ежедневно менять.

При соблюдении всех вышеизложенных указаний можно достигнуть хорошего консервирования хлебно-картофельной, а также смешанной хлебно-паточной барды (при добавлении патоки в размере 25% по весу перерабатываемого зерна или 8% по весу перерабатываемого картофеля), а также рационального скармливания ее.

Сушка барды¹

Консервирование барды помощью молочнокислого закисания может несомненно предупредить крупные потери кормовых средств в спиртовой промышленности. Но наиболее рациональным методом консервирования¹ хлебно-картофельной барды, при котором она превращается в продукт, содержащий только 8—10% влаги, с высоким кормовым достоинством, вполне транспортабельный и прекрасно сохраняющийся в течение нескольких лет, является сушка ее.

Как уже было указано выше (см. стр. 319), хлебно-картофельная барда содержит от 92 до 95% воды и только 5—8% сухих веществ. При сушке ее возможно применить два способа: 1) непосредственная сушка, при которой стараются выпариванием удалить всю воду до влажности в 8—10% и 2) предварительное отделение тем или другим путем жидкой части барды от сухого вещества до влажности 70%, потому что при сушке твердой части с такой влажностью она не прилипает к паровым трубам; при влажности же в 76—80% она сильно прилипает к трубам и дальнейшая сушка становится затруднительной.

Сушка для барды без предварительного отделения жидкой части

1. Германская фирма «Трокнунгс Гезельшафт» строит аппараты для непосредственной сушки барды, в которых работа происходит следующим образом.

Жидкая барда сначала течет по небольшим, плоским корытам навстречу горячим газам, отходящим из сушильных башен, и подогревшись,

¹ Подробно о сушке барды см. Н. И. Гладили. «Современные методы сушки винокуренной барды в Западной Европе, Северной Америке и опыты в СССР. Рационализация винокуренной промышленности. М. 1930 г. (Доклад, сделанный на Всесоюзной конференции по рационализации винокуренной промышленности).

поступает затем в насос, где сжимается до давления 40—50 атм. Под этим давлением насос выжимает барду в трубу, заканчивающуюся особыми специальными распылителями. Труба помещается внутри первой башни и доходит до $\frac{2}{3}$ ее высоты. Благодаря сильному давлению барда разбрызгивается на очень мелкие частицы. Для сушки берут топочные газы из специально устроенной для этой цели топки, в которой сжигается штыб. Топочные газы высокой температуры сначала проходят через камеру, в которой осаждаются частицы несгоревшего каменного угля, а затем, помощью специальной турбинной воздуходувки, накачиваются в первую башню, где разбрызгивается барда, причем воздуходувка сообщает газу вращательное движение вокруг трубы по спирали. В этой первой башне происходит энергичное отделение воды, а именно: в течение

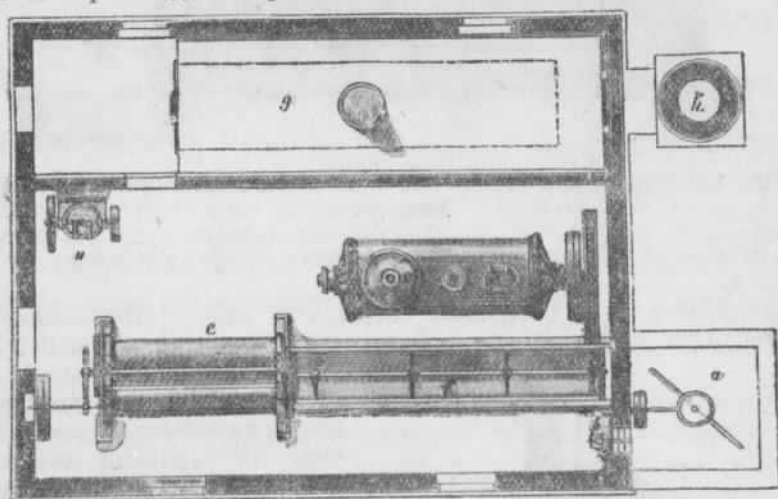


Рис. 179. Сушка для барды Венулета и Элленберга (план).

первого часа удаляются из первоначальных 7 000 л барды 5 500 л воды и остаются 1 500 л сгущенной барды, содержащей 60% воды и 40% сухого вещества.

Подсушенная барда из первой башни накачивается помощью насоса под давлением во вторую башню, где также распыливается, подсушивается топочными газами из-под 2 ланкаширских паровых котлов и выходит уже в виде сухой муки с влажностью 10%.

При высушивании 7 000 л барды в час получается 700 кг сушеной барды, с расходом в 1 000 кг штыба (6 000 ед. тепла) и затратой 160 л. с. Оборудование такой сушки должно стоить около 210 тыс. руб.

Таким образом и оборудование дорогое, и затраты топлива очень велики.

2. Американская фирма «Америкен прогресс» тоже предлагает высушивать барду непосредственно. Для этой цели она ставит два барабана и при каждом барабане отдельную топку для сжигания нефтяных остатков; топочные газы идут специально для сушки, причем получается полусухая масса, содержащая 60% воды и 40% сухого вещества.

Дальнейшая сушка (специально, чтобы сухая барда ни имела запаха дыма) производится в цилиндрических барабанах, обогреваемых паром, а не газами из топки.

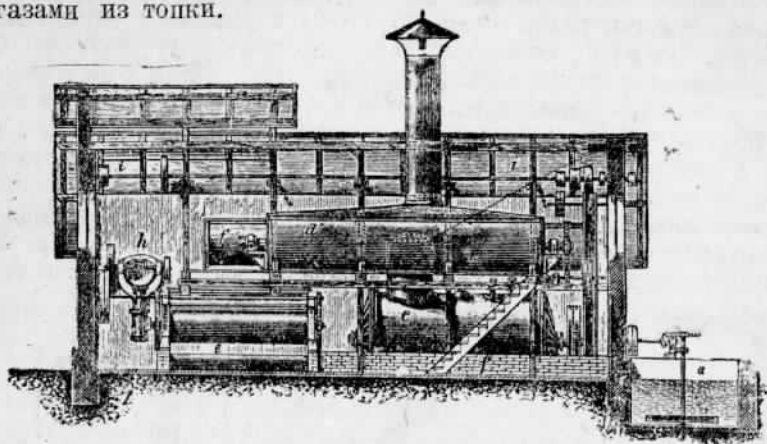


Рис. 180. Сушка для барды Венулета и Элленберга (продольный разрез).

По этому способу расход топлива очень велик и поэтому он тоже невыгоден.

3. Аппарат для высушивания барды акц. машиностроительного завода Венулета и Элленберга, в Дармштадте (рис. 179, 180 и 181) работает следующим образом.

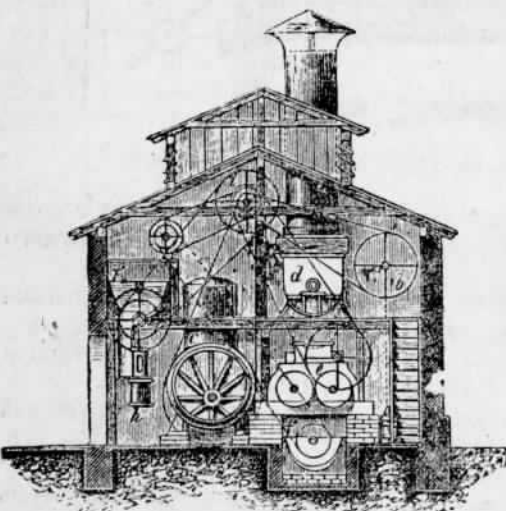


Рис. 181. Сушка для барды Венулета и Элленберга (поперечный разрез).

Высушивание в нем производится последовательно в 3 приема. Из бардяной ямы *a*, находящейся вне здания сушки, барда посредством насоса накачивается в напорный бак, в который задают отмученный мел почти до полной нейтрализации барды. Из этого бака нейтрализованная барда спускается в герметически закрытый котел *C*, для сгущения, в котором имеется небольшое давление. В этом котле вращается пучок труб, обогреваемых паром.

Когда барда в *C* сгущена до определенной концентрации, ее отсюда проталкивают в вышестоящий открытый чан *d*, который снабжен полым валом с приделанными к нему полыми карманами; последние обогреваются паром, отходящим из закрытого испарителя *C*. Когда барда в чану

спустится до консистенции густой кашицы, ее направляют на вальцы e , которые изнутри обогреваются паром. Барда просушивается тонкими слоями и передвигается к вальцам, находящимся в жолобах f , в которых просушивается окончательно и выходит с влажностью в 12—14%.

Сушка для барды по способу Луизвиля (с предварительным отделением жидкой части)

Сушки с предварительным отделением жидкой части барды выгоднее предыдущих, так как расход топлива для них значительно меньше, что можно видеть из следующего расчета.

Количество воды, какое требуется удалить при обезвоживании, можно определить по следующей формуле:

$$W = M \left(1 - \frac{S_a}{S_g} \right),$$

где W — количество воды, какое желают выделить в кг, M — вес барды в кг, S_a — процент сухого вещества в барде сначала, S_g — процент сухого вещества в барде после обезвоживания.

Если первоначальная барда (100 кг) содержала 5% сухого вещества и желательно обезводить ее так, чтобы она имела 30% сухого вещества, то следует удалить по вышеуказанной формуле $W = 100 \left(1 - \frac{5}{30} \right) = 83,3$ кг воды, причем получается остаток: $100 - 83,3 = 16,7$ кг, содержащий 70% влаги.

Если поставим себе цель высушить остаток так, чтобы он имел 90% сухого вещества и 10% воды, то из барды придется еще удалить:

$$W = 16,7 \left(1 - \frac{30}{90} \right) = 11,13 \text{ кг},$$

и готового продукта получится $16,7 - 11,13 = 5,57$ кг.

Если же высушивать это же количество до 90% сухих веществ без предварительного удаления жидкого раствора, то придется выпарить и высушить

$$W = 100 \left(1 - \frac{5}{90} \right) = \frac{100 \cdot 17}{18} = 94,4 \text{ кг}.$$

Таким образом при непосредственной сушке барды без предварительного обезвоживания приходится из 100 кг барды удалить выпариванием 94,4 кг воды, а при предварительном обезвоживании — только 11,13 кг, т. е. в 8 раз меньше; очевидно при предварительном обезвоживании расход топлива значительно меньше. Невыгодно только то, что при этом теряется большая часть растворимых веществ барды, которые тоже имеют не малое питательное значение; количество растворимых в барде веществ равно приблизительно 50% всех сухих веществ.

Пробовали отделить жидкую часть посредством фильтрования и центрифугирования. В этом направлении продолжает работу Всесоюзный

научно-исследовательский институт спиртовой промышленности. Там же изучался также вопрос о коагулянтах, т. е. о веществах, которые при прибавлении к барде вызвали бы быстрое осаждение твердых частей, но здесь полного успеха пока еще не достигли.

Американская фирма «Луизвилль», аппарат которой поставлен на Майкопском спиртовом заводе (Сев. Кавказ), осуществила бардосушение следующим образом.

Барда из брагоперегонного аппарата попадает сначала в сборник с мешалкой, которая работает постоянно, чтобы поддерживать в барде все твердые части во взвешенном состоянии. Это необходимо для того, чтобы в фильтровальный аппарат поступала все время барда одного и того же качества.

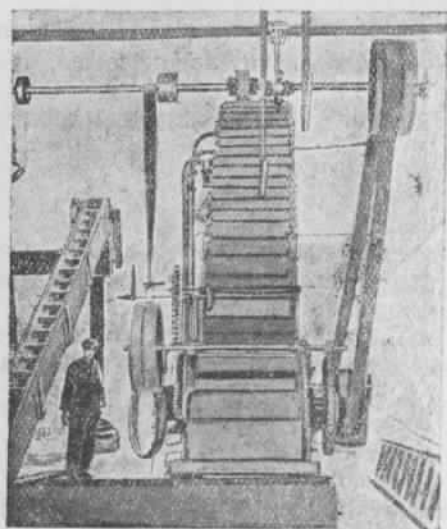


Рис. 182. Наклонное сито для фильтрации барды в сушке Луизвилля.

Фильтровальный аппарат Луизвилля состоит из двух частей: из наклонного сита (рис. 182), которое отделяет главную массу воды, и из фильтровальной машины (рис. 183), которая доводит густую часть барды до содержания 30% сухого вещества.

Наклонное сито (скребковый транспортер) представляет собой ящик, шириной 750 мм, имеющий два днища. Верхнее дно закрыто медным ситом. Сверху, на $\frac{1}{2}$ своей длины, сито имеет мелкие отверстия, диаметром в 0,7 мм, остальные $\frac{2}{3}$ сита имеют отверстия в 0,84 мм. Общий наклон ящика с ситом 35°.

Жидкая часть барды проходит легко в верхней части, где нет еще фильтрующего слоя, и с этой части, длиной в 600 мм, фильтрат собирается отдельно и качается обратно на нижнюю часть сита, где уже собранся фильтрующий слой.

Чтобы этот слой был ровный и успешнее фильтровал, сверх сита движется скребковый транспортер.

При выходе из наклонного сита гуща барды содержит только 80% воды и 20% сухих веществ. По вышеуказанной формуле

$$W = 100 \left(1 - \frac{5}{20} \right) \text{ кг}$$

следует, что наклонное сито удалило из каждых 100 кг барды—75 кг раствора. Затем барда поступает на фильтровальную машину, состоящую из 4 пар валцов; в каждой паре—один лежит сверху, а другой—снизу.

Между вальцами непрерывно движется стальная лента (см. рис. 183) имеющая крупные круглые отверстия, а сверху ее лежит тонкое медное сито, имеющее отверстия диаметром 0,5 мм.

Верхний валец подвижный и может быть более или менее приближен к нижнему.

При нормальной работе расстояние между вальцами таково: на первой паре, где входит из сита предварительно обезвоженная барда,

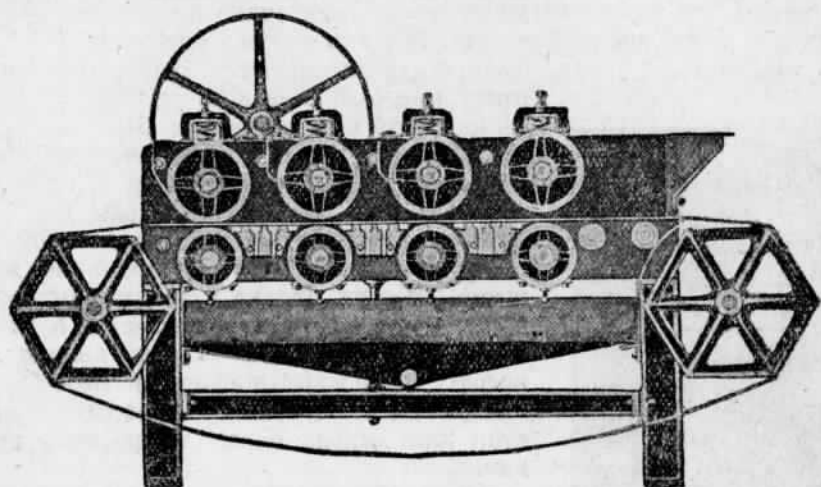


Рис. 183. Фильтровальная машина в сушилке Луизвиля для отжимания барды.

оно равно 9,5 мм, на второй—6,35 мм, на третьей—3,2 мм, а на четвертой паре вальцев зазор только 0,8 мм. Таким образом, проходя между вальцами, каждая пара которых все усиливает нажим, жмых барды отдает свою жидкую часть; последняя, пройдя через сито, уходит в сточную канаву. Количество сухих веществ в жмыхе, вышедшем из фильтровальной машины, как уже указано, равно 30—35%.

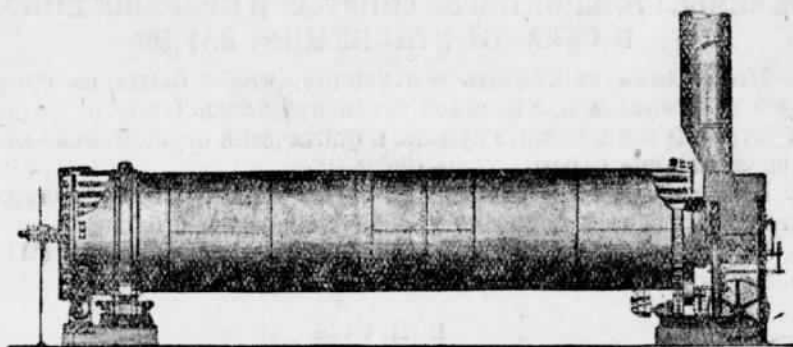


Рис. 184. Сушильный барабан аппарата Луизвиля (вид с продольной стороны)

Скребок и фильтровальная машина требуют всего 4—5 л. с. и отделяют, как уже выше указано, 83,3 кг раствора из 100 кг барды.

Из всех способов для отделения жидкой части из барды пока это самый дешевый.

Из фильтровальной машины отжатая барда поступает в сушильный барабан (рис. 184 и 185). Последний имеет два ряда труб, расположенных около цилиндрических стенок, как видно из рис. 184.

Трубы разделены на 3 секции. Пар для нагрева трубок входит в секцию только тогда, когда секция находится внизу и покрыта отжатой просушиваемой бардяной массой; когда эта секция труб при движении барабана поднимается вверх, в нее прекращается доступ пара; последний конденсируется в трубках и вытекает вон. Для сушки барды через этот барабан продувают воздух; барабан помощью зубчатых колес приводится постоянно в движение. Воздух входит в те самые отверстия, через которые готовая высушенная барда выходит вон, вступает в барабан, движется навстречу барде и высушивает ее. Весь барабан вращается, но загрузочное отверстие и отверстия для выхода барды закреплены неподвижно.

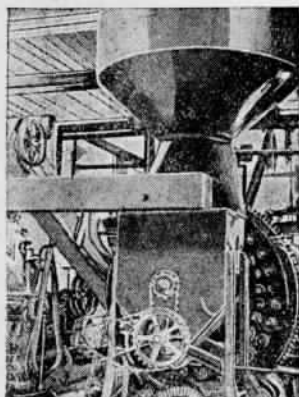


Рис. 185. Сушильный барабан аппарата Луизвиля (вид с лобовой стороны).

Выход барды с предварительным обезвоживанием составляет 17—18% всего переработанного сырья.

Для того случая, когда завод находится в городе и спуск жидкой части барды в городскую канализацию воспрещен, фирма Луизвиль устанавливает трехкорпусную выпарку для выпаривания филтраты барды. Топлива уйдет значительно больше, но зато сушеной барды будет получено из 100 кг кукурузы 25 кг вместо 18 кг.

ПРОБЛЕМЫ, СТОЯЩИЕ ПЕРЕД СПИРТОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ В ОБЛАСТИ УТИЛИЗАЦИИ БАРДЫ

1. Необходимо употребить все усилия, чтобы барда на спиртовых заводах не выливалась, а целиком утилизовалась. С этой целью должны быть устроены откормочные пункты и фактически осуществлено молочно-кислое закисание барды.

2. При кормлении и утилизации барды должно строго соблюдать все санитарные правила, подробно указанные в главе о барде.

3. На всех крупных хлебно-картофельных заводах должны быть установлены бардосушилки.

ВОПРОСЫ

1. Какой химический состав барды? Какое влияние имеет на организм животного при кормлении бардой высокий процент воды в ней? В каком направлении изменяется состав азотистых веществ сырых материалов при переработке их на спиртозаводах?

Какова кормовая ценность барды из разных сырых материалов? Какое количество барды следует давать на одну голову скота при кормлении?

Следует ли добавлять мел в барду? В чем выражается болезнь скота «бардяной мокрец»? Какие меры принять, чтобы скот не болел?

3. Какие концентрованные корма добавляют к барде для успешности откорма скота? Какое количество овса принимают за кормовую единицу? Сколько кормовых единиц составляет один килограмм ржи? ячменя? пшеницы? один килограмм кукурузы? один килограмм лугового сена? один килограмм свежей ржаной барды и сухой?

3. Какой наиболее дешевый способ консервирования хлебно-картофельной барды? Какое количество кислой матки следует задавать в барду? Как приготовить кислую матку для барды? Для чего задают в барду соломенную сечку или молотые кукурузные качаны? Какие меры принять, чтобы кислая барда при хранении не портилась? Каково кормовое достоинство кислой барды в сравнении со свежей бардой?

4. Как производится сушка цельной хлебно-картофельной барды по способу германской машиностроительной фирмы «Трок унге-Гезельшафт»? Почему этот способ невыгоден? Из каких трех операций состоит способ сушки цельной барды Венулета и Элленберга? Для чего производится нейтрализация барды? Каким путем жидкая барда доводится до состояния густой кашицы, а кашница до сухой барды?

5. Сколько воды необходимо удалить из барды, имеющей 6% сухого вещества, чтобы остаток имел 30% сухого вещества? Почему сушка системы Луизвиля имеет широкое распространение? Для чего служит наклонное сито? Как устроена фильтровальная машина с катками? Какое расстояние между катками на этой машине? Сколько процентов воды содержит гуща барды при выходе из наклонного сита и из фильтровальной машины? Как производится окончательная сушка полученного жмыха? Как велик выход сухой барды у Луизвиля в процентах к переработанному сырью? Какие проблемы стоят в области утилизации барды перед спиртовой промышленностью?

ГЛАВА XXI

Алкоголеметрия, оборудование спиртового подвала, денатурированный спирт

АЛКОГОЛЕМЕТРИЯ

Общие понятия

Алкоголеметрия изучает способы быстрого и точного определения количества абсолютного спирта, содержащегося в определенном объеме спиртовой жидкости. Если спиртовая жидкость состоит только из спирта и воды, то определение это производится непосредственно в этой жидкости; если же она кроме спирта и воды содержит в растворе еще экстрактивные вещества, например, вино, пиво, бражка, то тогда необходимо произвести перегонку помощью аппарата Сальерона и в полученном отгоне определить содержание спирта.

Это определение процентного содержания спирта в жидкости основано на определении удельного веса, так как разность между удельным весом воды и удельным весом абсолютного спирта достаточно велика, и смесь спирта и воды с определенным процентным содержанием спирта имеет определенный удельный вес.

Целый ряд ученых, между ними знаменитый русский химик Д. И. Менделеев, занимались этим вопросом. Они составляли таблицы, в которых указано, какой удельный вес имеет смесь спирта и воды с определенным процентным содержанием спирта.

Спирт имеет большой коэффициент расширения. Объем его сильно меняется в зависимости от изменения температуры¹. Необходимо было избрать нормальную температуру, при которой можно производить основные определения.

В научных работах обычно принимают за нормальную температуру 4° Ц; при этой температуре вода имеет наибольшую плотность и наименьший объем, но эту температуру трудно соблюдать при большой, длительной работе. Поэтому Менделеев составил таблицы для нормальной температуры, близкой к комнатной, 12¹/₂° Р = 15,55° Ц.

Палата мер и весов проверила таблицы удельных весов и издала в 1929 г. новые таблицы, в которых за нормальную принята температура в 15° Ц.

¹ Коэффициент объемного расширения воды при 16° Ц равен 0,00007, а коэффициент расширения абсолютного спирта при той же температуре равен 0,14.

Самое правильное определение удельного веса спиртовой смеси производится с помощью пикнометра. В нем взвешивают 50 см³ воды при 15° Ц и при той же температуре взвешивают в том же пикнометре 50 см³ испытуемой спиртовой смеси; разделив вес спирта на вес воды, получают удельный вес спиртовой смеси, и затем по таблице Виндиша (табл. 59) определяют процентное содержание спирта в жидкости.

Спиртомеры

Определение процентного содержания спирта в спиртовой смеси помощью пикнометра или помощью весов Мора-Вестфали производят только в лабораториях.

Таблица 59

Таблица Виндиша для определения процентного содержания абсолютного спирта в смеси спирта и воды по удельному весу при 15° Ц

Удельн. вес ($\frac{15^\circ}{15^\circ}$)	Вес. % спирта	Объем. % спирта	Удельн. вес ($\frac{15^\circ}{15^\circ}$)	Вес. % спирта	Объем. % спирта
1,000	0,00	0,00	0,966	24,37	29,64
0,999	0,53	0,67	0,965	25,09	30,49
0,998	1,06	1,34	0,964	25,81	31,32
0,997	1,61	2,02	0,963	26,51	32,14
0,996	2,17	2,72	0,962	27,19	32,93
0,995	2,73	3,42	0,961	27,86	33,71
0,994	3,31	4,14	0,960	28,52	34,47
0,993	3,84	4,80	0,959	29,17	35,22
0,992	4,51	5,63	0,958	29,81	35,95
0,991	5,13	6,40	0,957	30,43	36,67
0,990	5,76	7,18	0,956	31,05	37,37
0,989	6,41	7,99	0,955	31,66	38,06
0,988	7,08	8,81	0,954	32,25	38,74
0,987	7,77	9,66	0,953	32,84	39,40
0,986	8,48	10,52	0,952	33,42	40,06
0,985	9,20	11,41	0,951	33,99	40,70
0,984	9,94	12,32	0,950	34,56	41,33
0,983	10,71	13,25	0,949	35,11	41,95
0,982	11,48	14,20	0,948	35,66	42,57
0,981	12,28	15,16	0,947	36,21	43,17
0,980	13,08	16,14	0,946	36,75	43,77
0,979	13,90	17,14	0,945	37,28	44,35
0,978	14,73	18,14	0,944	37,80	44,93
0,977	15,56	19,14	0,943	38,33	45,50
0,976	16,40	20,15	0,942	38,84	46,07
0,975	17,23	21,16	0,941	39,35	46,63
0,974	18,07	22,16	0,940	39,86	47,18
0,973	18,89	23,14	0,939	40,37	47,72
0,972	19,71	24,12	0,938	40,87	48,26
0,971	20,52	25,08	0,937	41,36	48,80
0,970	21,32	26,03	0,930	44,75	52,39
0,969	22,10	26,96	0,929	45,22	52,89
0,968	22,87	27,87	0,928	45,69	53,39
0,967	23,63	28,76	0,927	46,16	53,88

Таблица 59 (продолжение)

Удельный вес ($\frac{15^\circ}{15^\circ}$)	Вес. % спирта	Объем. % спирта	Удельн. вес ($\frac{15^\circ}{15^\circ}$)	Вес. % спирта	Объем. % спирта
0,936	41,85	49,33	0,881	66,46	73,72
0,935	42,34	49,85	0,880	66,89	74,11
0,934	42,83	50,37	0,879	67,31	74,49
0,933	43,31	50,88	0,878	67,74	74,88
0,932	43,79	51,39	0,877	68,16	75,26
0,931	44,27	51,89	0,876	68,58	75,64
0,926	46,63	54,36	0,875	69,01	76,02
0,925	47,09	54,84	0,874	69,43	76,40
0,924	47,55	55,32	0,873	69,85	76,78
0,923	48,01	55,80	0,872	70,27	77,15
0,922	48,47	56,27	0,871	70,70	77,53
0,921	48,93	56,74	0,870	71,12	77,90
0,920	49,39	57,24	0,869	71,54	78,27
0,919	49,84	57,67	0,868	71,95	78,64
0,918	50,29	58,13	0,867	72,37	79,00
0,917	50,75	58,59	0,866	72,79	79,37
0,916	51,20	59,05	0,865	73,21	79,73
0,915	51,65	59,50	0,864	73,63	80,09
0,914	52,09	59,95	0,863	74,04	80,45
0,913	52,45	60,40	0,862	74,46	80,81
0,912	52,99	60,84	0,861	74,87	81,17
0,911	53,43	61,29	0,860	75,29	81,52
0,910	53,88	61,73	0,859	75,70	81,87
0,909	54,32	62,17	0,858	76,12	82,23
0,908	54,76	62,61	0,857	76,53	82,57
0,907	55,20	63,04	0,856	76,94	82,92
0,906	55,65	63,47	0,855	77,35	83,27
0,905	56,09	63,91	0,854	77,76	83,61
0,904	56,52	64,34	0,853	78,17	83,96
0,903	56,96	64,76	0,852	78,58	84,30
0,902	57,40	65,19	0,851	78,99	84,64
0,901	57,84	65,61	0,850	79,40	84,97
0,900	58,27	66,03	0,849	79,81	85,31
0,899	58,71	66,45	0,848	80,21	85,64
0,898	59,15	66,87	0,847	80,62	85,97
0,897	59,58	67,29	0,846	81,02	86,30
0,896	60,02	67,70	0,845	81,43	86,63
0,895	60,45	68,12	0,844	81,83	86,95
0,894	60,88	68,53	0,843	82,23	87,28
0,893	61,31	68,94	0,842	82,63	87,60
0,892	61,75	69,34	0,841	83,03	87,92
0,891	62,18	69,75	0,840	83,43	88,23
0,890	62,61	70,16	0,839	83,83	88,55
0,889	63,04	70,56	0,838	84,22	88,86
0,888	63,47	70,96	0,837	84,62	89,18
0,887	63,90	71,36	0,836	85,01	89,48
0,886	64,33	71,76	0,830	87,35	91,29
0,885	64,75	72,15	0,829	87,74	91,58
0,884	65,18	72,55	0,828	88,12	91,87
0,883	65,61	72,94	0,827	88,50	92,15
0,882	66,04	73,33	0,826	88,88	92,44

Удельн. вес ($\frac{15^\circ}{15^\circ}$)	Вес. % спирта	Объем. % спирта	Удельн. вес ($\frac{15^\circ}{15^\circ}$)	Вес. % спирта	Объем. % спирта
0,835	85,41	89,79	0,811	94,38	96,37
0,834	85,80	90,09	0,810	94,73	96,61
0,833	86,19	90,40	0,809	95,08	96,85
0,832	86,58	90,70	0,808	95,43	97,08
0,831	86,97	90,99	0,807	95,77	97,31
0,825	89,26	92,72	0,806	96,11	97,54
0,824	89,64	93,00	0,805	96,46	97,76
0,823	90,02	93,28	0,804	96,79	97,99
0,822	90,39	93,55	0,803	97,13	98,20
0,821	90,76	93,82	0,802	97,47	98,42
0,820	91,13	94,09	0,801	97,90	98,63
0,819	91,50	94,35	0,800	98,13	98,84
0,818	91,87	94,61	0,799	98,46	99,05
0,817	92,23	94,87	0,798	98,79	99,26
0,816	92,59	95,13	0,797	99,11	99,46
0,815	92,96	95,38	0,796	99,44	99,66
0,814	93,31	95,63	0,795	99,76	99,86
0,813	93,67	95,88	0,79425	100,00	100,00
0,812	94,03	96,13			

В обычной заводской практике это определение производят помощью спиртомера или ареометра.

До последнего времени на наших спиртовых заводах пользовались большим распространением стеклянные спиртомеры Траллеса, которые снабжены длинной трубкой со шкалой с делениями.

При погружении в воду при нормальной температуре ($15,55^\circ \text{Ц}$) спиртомер всплывает, и уровень жидкости приходится на делении шкалы 0.

В спиртовой смеси, содержащей на 100 объемных единиц 50 объемов абсолютного спирта, спиртомер погружается до деления 50; в абсолютном спирте при указанной температуре он погружается до самой верхней черты—100.

Таким образом при нормальной температуре спиртомер Траллеса прямо показывает объемные проценты спирта в данной жидкости (которые также в данном случае называют по наименованию спиртомера градусами Траллеса).

От спиртомера Траллеса немногим отличается спиртомер Гей-Люссака, принятый во Франции, но калиброванный для нормальной температуры 15°Ц (10% Гей-Люссака равны $10,06\%$ Траллеса; 20% Гей-Люссака равны $20,29\%$ Траллеса).

Во Франции, Италии и Голландии применяют спиртомеры и с другими делениями; во Франции и Италии применяют спиртомер Картье, а в Голландии — Фохтметра, также в ходу в этих странах спиртомеры Боле.

Соотношение градусов спиртомера Траллеса и спиртомеров Боге, Картье и Фохтметра

Нормальная температура 15,55° Ц

Градусы Траллеса (% объем)	Градусы Боге	Градусы Картье	Градусы Фохтметра	Градусы Траллеса (% объем)	Градусы Боге	Градусы Картье	Градусы Фохтметра
0	10	11	—	65	—	25	—
5	11	12	—	66	26	—	16
10	12	—	—	68	27	26	17
12	—	13	—	70	28	27	18
16	13	—	—	73	29	28	19
19	—	14	—	75	30	29	20
23	14	—	—	77	31	30	21
26	—	15	—	79	32	—	22
29	15	—	—	80	—	31	—
33	—	16	—	81	33	—	23
34	16	—	—	82	34	32	24
38	—	17	—	84	35	33	25
39	17	—	—	86	36	34	26
42	—	18	—	87	37	35	27
43	18	—	—	89	38	36	28
46	19	19	—	90	—	—	29
50	20	20	10	91	39	37	—
53	21	—	11	92	40	38	30
54	—	21	—	93	41	—	31
56	22	—	12	94	—	39	—
57	—	22	—	95	42	40	32
58	23	—	13	96	43	—	33
60	—	23	—	97	44	41	—
61	24	—	14	98	45	42	—
63	25	24	15	99	46	43	—

В табл. 60 показаны соотношения шкалы этих спиртомеров и спиртомера Траллеса; из нее видно, что градусы Боге и Картье почти совпадают и что 1° Боге-Картье равен приблизительно 2,5 объемным процентам Траллеса, а 1° Фохтметра равен 3—3,3° Траллеса.

Чтобы спиртомер давал постоянно правильные показания, необходимо чтобы его вес и объем оставались постоянно неизменными. Этим главным условиям стеклянный спиртомер Траллеса вполне удовлетворяет. Однако с 1928 г. он в СССР как официальный отменен и для измерения количества спирта как официальный применяется исключительно металлический спиртомер с 10 гирьками (рис. 186), который для этих целей применялся и раньше.

Неудобство спиртомера Траллеса состоит в том, что он даже при очень длинной и хрупкой шкале дает менее точные показания, чем металлический спиртомер.

Последний представляет собой пустотелый латунный, снаружи позолоченный шар, к которому снизу прицаян груз, заставляющий спир-

томер стоять при погружении в жидкость строго вертикально. Сверху к шару припаяна длинная четырехугольная пустотелая трубочка, представляющая шкалу с 10 делениями, обозначенными цифрами: 0, 1, 2, 3. Каждое деление разделено на 5 равных частей, причем одно деление соответствует 1% спирта, а маленькое деление — 0,2%.

Все деления на спиртомере считаются снизу вверх. Так, если уровень жидкости в стакане пересекает шкалу на 3 мелких деления выше деления 5, то видимое показание спиртомера равно 5,6; если — на 4 мелких деления выше деления 3, то видимое показание спиртомера равно 3,8.

К спиртомеру приложены 10 гирек, обозначенных числами 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90. Каждая гирька имеет прорез, помощью которого она одевается на стержень над шариком выпуклой стороной вниз. Чтобы не перепутать, каждый спиртомер имеет свой номер, который нанесен на всех его гирьках. Гирьки крепко держатся на нижней утолщенной части стержня, так что снять их можно только подняв вверх. Таким образом металлический спиртомер может быть в употреблении или с одной из 10 гирек, или совсем без гирьки, т. е. он заменяет одиннадцать спиртомеров разного веса для измерения процентного содержания спирта в спиртовых смесях с различным процентным содержанием спирта.

Металлический спиртомер вместе с одетой на нем гирькой представляет плавающее в жидкости тело. По закону Архимеда вес плавающего тела равен весу вытесненной телом жидкости. Чем больше спирта содержит жидкость и чем она теплее, тем сильнее погрузится спиртомер и тем выше будет его показание. На этом и основано применение спиртомера для определения процентного содержания спирта.

Для определения крепости спирта спиртомер опускают сначала в жидкость без гирьки. Если он погрузился так, что уровень жидкости пересекает шкалу между делениями «0» и «10», то прямое показание спиртомера берется за исходное начало для определения крепости по 1 таблице. Если же спирт слабый и спиртомер мало погрузился в тяжелой жидкости, которая не доходит до нижнего нуля, то подвешивают к нему последовательно гирьки «90», «80», «70», пока найдут такую гирьку, при которой спиртомер погрузится в жидкость и остановится между делениями шкалы «0» — «10». Пусть спиртомер при гирьке «70» остановился на 4-й черточке выше деления «7», тогда видимое показание спиртомера — 77,8%.

Предположим, что спиртомер при погружении в жидкость до 0 при гирьке «80» вытесняет 20 см³ жидкости; уд. вес 80%-ного спирта ра-



Рис. 186. Металлический спиртомер с 10 гирьками.

вен 0,8639, и следовательно вес вытесняемой жидкости равен весу спиртомера $= 20 \times 0,8639 = 17,278$ г. Уд. вес 70%-ного спирта равен 0,8900, и если при подвешивании гирьки «70» спиртомер погрузился опять до «0», то вес вытесненного спирта равен $20 \times 0,8900 = 17,8$ г, и следовательно гирька «70» должна быть тяжелее гирьки «80» на $17,8 - 17,278 = 0,522$ г.

Если спиртомер без гирек весит 15,25 г, то гирька «80» весит $17,278 - 15,25 = 2,028$ г, а гирька «70» весит $17,80 - 15,25 = 2,55$ г.

Влияние температуры на показание спиртомера

Вследствие того, что спирт имеет большой коэффициент расширения, его объем и плотность сильно изменяются при изменении температуры. Так, если например спиртовая смесь имеет при нормальной температуре 15° Ц истинную крепость 41%, т. е. 100 объемов этого спирта содержат 41 объем абсолютного спирта, то при охлаждении его

до 10° Ц его видимая крепость равна	42,9%
> 5 » » » » »	44,8%
> 0 » » » » »	46,6%

т. е. крепость повысилась на $46,6 - 41 = 5,6$, или, по отношению к фактической крепости — 41% на 14%.

В виду этого необходимо аккуратно и внимательно определять температуру, при которой производится испытание спиртовой жидкости. Обыкновенно при спиртомере всегда имеется проверенный термометр по Цельсию, с делениями на 1 и 0,5%. Для испытания спирта выбирают достаточно широкий стакан, в котором свободно помещаются и спиртомер, и термометр. Выжидают, пока температура в стакане перестанет меняться и станет постоянной, и тогда одновременно наблюдают и крепость по спиртомеру и температуру.

При испытании следует ставить стакан с пробным спиртом подальше от печи или от холодного окна, чтобы они не влияли на температуру.

Интересно отметить, что раньше сдатчики спирта, желая искусственно повысить крепость сдаваемого спирта, опускали незаметно в стакан, около шарика термометра, маленький кусочек льда, который понижал температуру; этим повышалась видимая крепость спирта.

Если стакан узок и термометр и спиртомер не помещаются в нем, то сначала определяют температуру, терпеливо дожидаясь, чтобы она стала постоянной, — потом, вынув термометр, хорошо размешав, опускают спиртомер, выжидают, пока он примет температуру спирта, определяют его показание, затем термометр, размещивают и снова определяют температуру.

При вынимании термометра и спиртомера необходимо их обтереть сухой, мягкой чистой полотняной тряпкой. Мокрый термометр при испарении спирта на его поверхности понижает свою температуру.

Определение количества спирта по «I» и «II» таблицам

В СССР количество спирта измеряется в объемных единицах — в литрах. Берут среднюю пробу из дистерны и определяют спирто-

мером крепость, т. е. сколько объемных процентов абсолютного спирта содержит жидкость при температуре 15°Ц . Важно набирать правильно пробу.

Необходимо иметь в виду, что спиртовая смесь, при стоянии в цистернах, обычно расслаивается: наверху собирается более крепкий спирт, а внизу — более слабый. Чем ниже процентное содержание спирта в цистерне, тем резче разница в крепости спирта внизу и наверху. В спиртах с крепостью в 96—97% это расслаивание спирта мало заметно.

В виду этого при наборе пробы спирта из цистерны берут пробу из самого нижнего слоя, из верхнего и из среднего, все это смешивают и в этой смеси делают определение крепости спирта.

Так как правильное определение крепости должно быть сделано при температуре 15°Ц , то взятую пробу спирта следует довести до этой температуры помощью холодной или теплой воды; но вследствие того, что для практической работы на заводе такое расхолаживание или нагревание спирта было бы очень хлопотливо, и Менделеевым была составлена таблица, которая легла в основу общеупотребительной, так называемой «I таблицы». Эта таблица по видимой крепости спирта, показанной спиртомером в стакане, и температуре дает крепость спирта, т. е. определяет, сколько объемных процентов абсолютного спирта содержит эта спиртовая смесь, если ее довести до температуры 15°Ц .

Имеются две «I таблицы»: одна дает поправки крепости для температур выше нуля: (от $+30$ до 0°), а другая — для температур ниже нуля (от 0 до -15°Ц).

Чтобы действительно знать, какое количество спирта имеется в цистерне, необходимо объем спирта в цистерне умножить на крепость его по «I таблице». Но раньше следует определить, какой будет объем спирта в цистерне при нормальной температуре $+15^{\circ}\text{Ц}$. Для этого имеется «II таблица», дающая коэффициент, на который следует умножить число литров спирта, чтобы получить правильное показание количества абсолютного спирта в цистерне.

Чтобы яснее понять способ определения содержания спирта в цистерне, приводим здесь несколько примеров.

Пример 1. В цистерне имеется 12500 л жидкости при температуре $+10^{\circ}\text{Ц}$. Во взятой средней пробе спиртомер без гирьки погрузился на 4 черточки выше деления 2 при температуре $+22^{\circ}$ в стакане, т. е. показание спиртомера равно 102,8 при $+22^{\circ}\text{Ц}$.

На стр. 26 «I таблицы» находят, что при показании 102,8 при $+22^{\circ}\text{Ц}$ истинная крепость равна 95,8%.

Для поправки объема находят на стр. 184, что для крепости 95% при температуре $+10^{\circ}\text{Ц}$ имеется коэффициент 0,955, но так как крепость спирта не 95%, а 95,8%, то коэффициент равен $0,955 + 0,008 = 0,963$, и истинное содержание абсолютного спирта в цистерне равно будет $12500 \times 0,963 = 12037,5$ л.

Пример 2. В цистерне имеются 16300 л спиртовой смеси при температуре -5°Ц . При испытании спирта в стакане спиртомер при гирьке «70» погрузился на 3 черточки выше деления 5, при температуре в стакане -3°Ц , следовательно спиртомер показал в стакане видимую крепость 75,6% при температуре -3°Ц . На стр. 145 «I таблицы» для температур ниже 0° находят, что истинная крепость равна 87,9%. На стр. 196 «2 таблицы» для температур ниже 0° находят, что крепости 87 при температуре -5 соответствует коэффициент 0,887, и так как крепость спирта по «I таблице» равна не 87, а 87,9, то коэффициент равен $0,887 + 0,009 = 0,896$. Истинное количество спирта в цистерне, исчисляемое при температуре $+15^{\circ}\text{Ц}$, равно будет $16300 \times 0,896 = 14604,8$ л.

Таблица 61

Количество воды и абсолютного спирта, находящихся в водно-спиртовых смесях
и величина сжатия объема в этих смесях

Уд. вес 15,5° Ц	100 объемов смеси содержат объемов		Сжатие объема	Уд. вес 15,5° Ц	100 объемов смеси содержат объемов		Сжатие объема
	Абсолют- ного спирта	Воды			Абсолют- ного спирта	Воды	
10000	0	100,000	0,000	0,9323	51	52,705	3,705
0,9985	1	99,055	055	9303	52	51,711	711
9970	2	98,111	111	9283	53	50,716	716
9956	3	97,176	176	9263	54	49,722	722
9942	4	96,242	242	9242	55	48,717	717
9928	5	95,307	307	9221	56	48,712	712
9915	6	94,382	382	9200	57	45,708	708
9902	7	93,453	458	9178	58	44,693	693
9890	8	92,543	543	9156	59	43,678	678
9878	9	91,629	629	9134	60	42,664	664
9866	10	90,714	714	9112	61	41,649	649
9854	11	89,799	799	9090	62	40,635	635
9843	12	88,895	895	9067	63	39,610	610
9832	13	87,990	990	9044	64	38,586	586
9821	14	87,086	1,086	9021	65	37,561	561
9811	15	86,191	191	8997	66	37,526	526
9800	16	85,286	286	8973	67	36,492	492
9790	17	84,392	392	8949	68	35,457	457
9780	18	83,497	497	8925	69	34,423	473
9770	19	82,603	603	8900	70	33,378	378
9760	20	81,708	708	8875	71	32,333	333
9750	21	80,813	813	8850	72	31,289	289
9740	22	79,919	919	8825	73	30,244	244
9729	23	79,014	2,014	8799	74	29,190	190
9729	24	78,119	119	8773	75	28,135	135
9709	25	77,225	225	8747	76	27,080	080
9698	26	76,320	320	8720	77	26,016	016
9688	27	75,426	426	8693	78	24,951	2,951
9677	28	74,521	521	8665	79	23,877	877
9666	29	73,617	617	8639	80	22,822	822
9655	30	72,712	712	8611	81	21,747	747
9643	31	71,797	797	8583	82	20,673	673
9631	32	70,883	883	8555	83	19,598	598
9618	33	69,958	958	8526	84	18,514	514
9605	34	69,034	3,034	8496	85	17,419	419
9592	35	68,109	109	8466	86	16,324	324
9579	36	67,184	184	8436	87	15,230	230
9565	37	66,250	250	8405	88	14,125	125
9550	38	65,305	305	8373	89	13,011	011
9536	39	64,361	361	8339	90	11,876	1,876
9519	40	63,406	406	8306	91	10,751	751
9503	41	62,451	451	8272	92	9,617	617
9487	42	61,497	497	8237	93	8,472	472
9470	43	60,532	532	8201	94	7,318	318
9452	44	59,558	558	8164	95	6,153	153
9435	45	58,583	583	8125	96	4,968	0,968
9417	46	57,618	618	8084	97	3,764	764
9399	47	56,644	644	8041	98	2,539	539
9381	48	55,669	669	7995	99	1,285	285
9362	49	54,685	685	7946	100	0,000	000
9343	50	53,700	700	—	—	—	—

Объемные и весовые проценты спирта

Как уже указано выше, объемные проценты спирта показывают, сколько в 100 л водно-спиртовой смеси содержится литров абсолютного спирта, а весовые проценты показывают, сколько килограмм абсолютного спирта содержится в 100 кг данной водно-спиртовой смеси.

Из табл. 61 видно, что эти величины не совпадают. Так, спирт, имеющий удельный вес 0,955, содержит весовых процентов 31,66, а объемных 38,06%. Всевозможные расчеты и вычисления очень удобно делать с весовыми процентами, так как вес спирта не изменяется от температуры, учет же больших количеств спирта в цистернах удобнее делать в объемных процентах, так как определить объем спирта легко, а взвесить цистерну со спиртом — затруднительно.

Для перевода объемных процентов в весовые следует объемные проценты умножить на удельный вес безводного спирта и полученное произведение разделить на удельный вес испытуемого спирта, но для этого можно пользоваться той же табл. 61.

Сжатие объемов смесей спирта и воды

Необходимо заметить, что при смешивании спирта и воды происходит сжатие объема.

Если бы не было этого сокращения объема смеси спирта и воды, то 50 л безводного спирта и 50 л воды дали бы 100 л смеси с 50% спирта, фактически же, чтобы получить 100 л смеси необходимо к 50 л абсолютного спирта прибавить 53,7 л воды.

При отсутствии сжатия объема удельный вес 50%-ного спирта равнялся бы среднеарифметическому между удельными весами абсолютного спирта и воды и равен был бы $\frac{1,000 + 0,79425}{2} = 0,89712$, на самом деле его удельный вес — 0,9343.

Рассматривая табл. 61, где помещены величины сжатия водно-спиртовых смесей с различным процентным содержанием спирта, видим, что сжатие объема достигает максимума в 3,722 при содержании в смеси 54% объем. спирта.

Разбавление крепких спиртовых жидкостей водой до желательной концентрации

Нередко в заводской практике приходится более крепкий спирт разбавлять водой так, чтобы разбавка имела определенную крепость.

Помещаемая здесь табл. 61 облегчает эту задачу. Например имеются 100 л спирта крепостью 90%. Нужно узнать, сколько литров воды добавить, чтобы смесь имела крепость 75%. В четвертом верхнем горизонтальном ряду против 90% стоит 21,9, показывающая, что надо добавить 21,9 л воды.

Определение количества объемов воды, которое следует добавить к 100 объемам крепкого спирта, чтобы получить расиропку определенной концентрации

До какой крепости нужно разбавить водою расиропку в % об.	Количество прибавляемой воды в л при первоначальной крепости спирта									
	95%	90%	85%	80%	75%	70%	65%	60%	55%	50%
90	6,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
85	13,3	6,6	—	—	—	—	—	—	—	—
80	20,9	13,8	6,8	—	—	—	—	—	—	—
75	29,5	21,9	14,5	7,2	—	—	—	—	—	—
70	39,1	31,0	23,1	15,3	7,6	—	—	—	—	—
65	50,2	41,5	33,0	24,6	16,4	8,7	—	—	—	—
60	63,0	53,6	44,4	35,4	26,4	17,6	8,7	—	—	—
55	78,0	67,8	57,9	48,0	38,3	28,6	19,0	9,5	—	—
50	95,9	84,8	73,9	63,1	52,1	41,8	31,3	20,8	10,4	—
45	117,5	105,3	93,3	81,3	69,5	57,8	46,1	34,5	22,9	—
40	144,4	130,8	117,3	104,0	90,8	77,6	64,5	51,5	38,5	—
35	178,7	163,3	148,0	132,8	117,8	102,8	87,9	73,1	58,3	—
30	224,1	206,3	188,6	171,1	153,6	136,3	119,0	101,8	84,6	—
25	293,5	266,1	245,1	224,3	203,6	182,8	162,2	141,7	121,2	—
20	391,2	355,8	329,8	304,0	278,3	252,6	227,0	201,4	176,0	—
15	552,7	505,3	471,0	436,8	402,8	368,8	334,9	301,1	267,3	—
10	887,0	804,5	753,6	702,9	652,2	601,6	551,6	509,6	450,2	390,9

ОБОРУДОВАНИЕ СПИРТОВОГО ПОДВАЛА

В спиртовом подвале хранится часто спирт стоимостью в несколько миллионов рублей, и потому к оборудованию его следует быть внимательным.

В первую очередь нужно обратить внимание на трубы, отводящие спирт из завода в подвал.

Большую часть трубы эти устраивают надземные, на столбах, для того, чтобы в случае течи последняя была немедленно обнаружена и ликвидирована. Трубы делают с сильным уклоном в одну сторону, совершенно прямые, чтобы по окончании перекачки спирта последний не застаивался в трубопроводе, а целиком стекал бы в цистерну. Если в подвале хранится и спирт-ректификат и спирт-сырец, то, чтобы последний не испортил ректификат, необходимо для каждого из этих спиртов иметь отдельный насос и отдельный трубопровод и закрасить трубы эти в разные цвета.

Что касается цистерн, то раньше устраивали в них водоуказательные стекла с шкалами и кранами, очень удобные для быстрого определения количества спирта, находящегося в цистерне. Но так как бывали случаи, когда через краны и разбитые стекла утекало большое количество спирта, с весьма крупными убытками, то в настоящее время на цистернах для спирта не делают ни стекол, ни кранов, пробу спирта набирают через небольшой лаз в верхнем днище, закрываемый регардой. О б ъ е м

спирта определяется исключительно посредством наметки¹.

Для правильного определения объема спирта наметка должна быть снабжена строго вертикальной направляющей в виде трубы, имеющей целый ряд отверстий.

Чтобы избежать возможных злоупотреблений подъемом цистерн с одной стороны, следует во время измерения цистерны повесить с двух сторон отвесы и вписать в акт измерения, каково расстояние отвеса от стенок цистерны вверху и внизу. Хорошо также сделать горизонтальную полочку строго по ватерпасу.

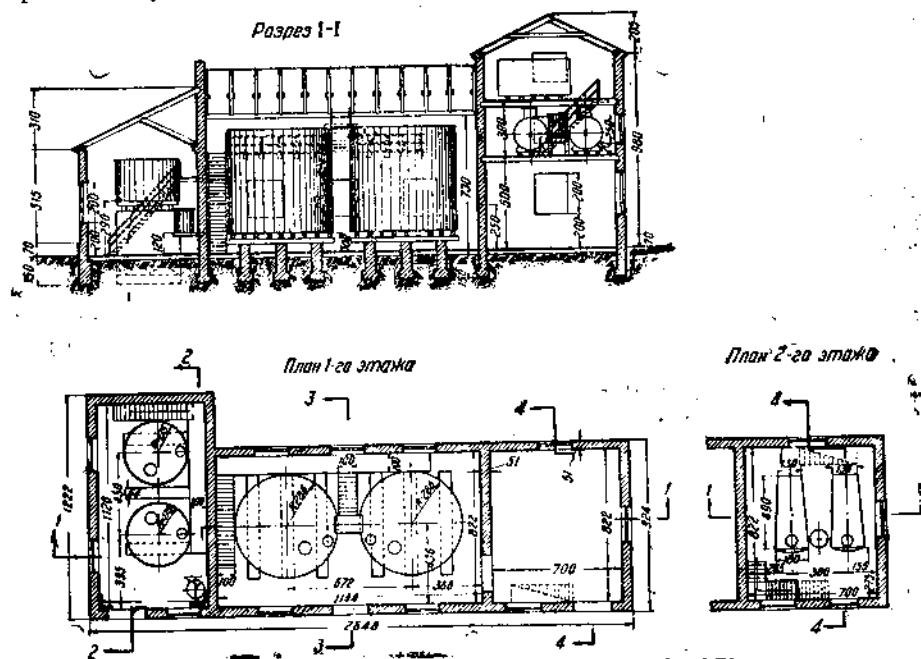


Рис. 187. План и разрез спиртового подвала.

Цистерны со спиртом следует устанавливать так, чтобы они были со всех сторон доступны для осмотра, дабы немедленно исправить появившуюся течь. С этой целью ниже днище, как показано на рис. 187, устанавливается на расстоянии не менее 1 м от пола. Для той же цели цис-

¹ Наметкой называют линейку, помощью которой измеряют объем жидкости в цистерне. Ее изготовляют следующим образом.

Наливают полную цистерну воды, опускают линейку в цистерну так, чтобы она стояла строго вертикально, для чего изготовляют для нее направляющую. На том месте, где на линейке, или, как ее называют, «наметке», виден будет уровень воды, отмечают точку 0. Затем в тщательно измеренный с формой усеченного конуса мерник сливают 50 л воды и отмечают на наметке 50; сливают второй мерник и отмечают на наметке 100. Таким образом, спуская по одному мернику и отмечая каждый раз на наметке, наносят на последней шкалу; затем этой наметкой пользуются для определения объема спирта.

терну не ставят непосредственно на кирпичный фундамент, а на балках, которые можно легко сдвинуть для подчеканки.

Чтобы цистерна не могла дать осадки с одной стороны после заполнения спиртом, фундамент должен быть изготовлен достаточной ширины, по расчету.

Мерники для спирта. Весь спирт, поступающий в цистерны подвала, должен быть пропущен через мерники.

На рис. 187 показано суточный в плане и разрезе целесообразное устройство мерников. На самом верху стоит передаточный чан, вмещающий двух-трехсуточный запас спирта, чтобы было куда выкачать суточный выход спирта, не задерживая работы завода.

Мерники устраиваются двух родов: конические лежащие и цилиндрические стоячие. Конические, представляющие большой горизонтальный усеченный конус (см. план 2-го этажа) имеют сверху вертикальную стоящую цилиндрическую горловину диаметром 0,4 м. В горловине имеется врезанное стекло. В мерник наливают спирт, около 200—250 дкл тщательно измеряя, так чтобы верхний уровень спирта приходился в стекле узкой горловины. Предположим, что при тщательном измерении в большом коническом мернике вместилось 225 дкл спирта; при выкачке выхода спирта из завода выкачивают несколько мерников по 225 дкл, а малый остаток в 110—120 дкл пропускают через малый цилиндрический мерник. Последний имеет диаметр приблизительно 0,8 м и вместимость около 70 дкл. Он имеет врезные рамы со стеклами, на которых показано число декалитров и литров, полученных при тщательном измерении. При выкачке отбирают из каждого мерника пробу, в которой определяют крепость по «I таблице»; мерники дают точный объем спирта. Таким образом имеется полная возможность сделать точный учет спирта, поступившего в подвал.

Внутри каждого мерника должен быть помещен около стекла термометр.

Подвальный обязан каждый раз проконтролировать, куда именно он выкачивает спирт из завода. К спирту должно быть самое бережное отношение; подвальный обязан сам проверить, открыли ли кран на той именно цистерне, куда он должен выкачать спирт. Не открыт ли кран на другой цистерне, которая уже полна, так что, когда начнут качать, спирт потечет на пол.

Когда начнут качать, подвальный должен проверить, в какую цистерну поступает спирт. Он должен условиться с рабочим при насосе, каким образом дать сигнал, чтобы он немедленно остановил насос.

Подвальный обязан тщательно проверить до выкачки, может ли вместиться тот спирт, который он выкачивает, в цистерну.

Если выкачка или перекачка спирта производится помощью привязной резиновой шланги, то при привязной шланге должен неотлучно находиться надежный человек, так как неоднократно бывали случаи, что шланга выскакивала, причем были значительные потери спирта.

Начество спирта. К ректификованному спирту потребители предъявляют строгие требования, потому что спирт, не удовлетворяющий этим требованиям, для них не годен. Например спирт, поступающий для

с питья и для изготовления бездымного пороха, должен быть высокого качества.

Как правило, в большую цистерну для ректификата можно выкачивать только тот спирт, который выдерживает все установленные стандартом для ректификата испытания.

Воспрещается транспортировать спирт-ректификат в цистернах и бочках из-под керосина, бензина, нефти, олеонафта и пр., так как тут никакая мойка не поможет; спирт будет испорчен и не годен.

Спирт-ректификат можно грузить только в бочки и цистерны из-под ректификата. Если приходится наливать бочки и цистерны из-под сырого спирта ректификатом, то надо подойти к этому весьма ответственно. Бочки и цистерны необходимо раньше пополоскать водой из шланги (зимой этого делать нельзя, так как она примерзнет), а затем несколько раз ректифицированным спиртом, пока проба ополосков выдержит установленное испытание с серной кислотой.

Ополоски следует вернуть на ректификацию для вторичной переработки. **Безопасность в пожарном отношении.** Пожар спиртового подвала страшен, так как сопровождается взрывами, разрушением завода и человеческими жертвами. С этой точки зрения должны быть приняты следующие меры предосторожности.

1. Строго воспрещается в спиртовом подвале курить (ни при каких условиях).

2. Электронасосы для спирта воспрещаются, так как они нередко дают искры, которые служат причиной пожара. Ввиду этого устраивают для перекачки спирта исключительно паровые насосы.

3. Воспрещается опускать внутрь спиртовой цистерны или спиртоприемного чапа, в которые налит спирт, хотя бы только на 1 см, электрическую лампу во избежание возможности появления искры, которая в смеси воздуха и спиртовых паров даст страшный своими последствиями взрыв.

Если желательно заглянуть внутрь цистерны, то нужно, открыв лаз, держать лампу с тщательно проверенным шнуром на 0,4 — 0,5 м выше цистерны, но не опускать внутрь.

4. В настоящее время строительная инспекция требует, чтобы каждая цистерна со спиртом была ограждена от соседней каменной стеной — брандмауэром, и проект подвала, показанный на рис. 187, не был утвержден строительной инспекцией именно из-за отсутствия брандмауэра. (Рисунок этот дает лишь представление об оборудовании спиртового подвала и его размещении).

Денатурированный спирт

Как уже было выше указано, этиловый спирт употребляется не только в качестве напитка, но имеет также огромное применение в химической промышленности, а также для целей отопления и освещения и как моторное топливо. Чтобы нельзя было злоупотреблять техническим спиртом и употреблять его внутрь, спирт обыкновенно отравляют или, как говорят, «денатурируют», т. е. к нему прибавляют противные на вкус вещества, которые делают его негодным для внутреннего потребления.

Уже в царской России денатурированный спирт имел применение. Так в 1913 г. при общем производстве спирта за год в 57,000 тыс *дкл* было израсходовано денатурированного спирта 4 666 тыс. *дкл* или 8⁰/₀; из них на горение и освещение — 3 955 тыс. *дкл* и на химическую промышленность только 711 тыс *дкл*.

В СССР расход денатурированного спирта был сначала не велик и составлял в 1924 г. только 567 тыс *дкл*, но затем при быстром развитии химической промышленности, сильно возросло потребление этого спирта. За 9 лет (с 1924 г. по 1932 г. включительно) расход денатурированного спирта увеличился в 11,5 раз и достиг 6 500 *дкл*, или 14⁰/₀ от всего производимого спирта.

Количество спирта, расходуемого на технические нужды, будет с каждым годом расти, так как появились весьма крупные потребители спирта, как например промышленность синтетического каучука, которая потребляет миллионы декалитров спирта в год.

Расход спирта на технические нужды за вторую пятилетку рассчитан в следующих размерах, как видим из табл. 63.

Таблица 63

Потребление спирта на технические нужды во втором пятилетии

Г о д	Количество безводного спирта в тыс. <i>дкл</i> .	% к предшествующему году
1933	12 395	190,2
1934	31 070	250,7
1935	42 394	136,4
1936	50 501	119,1
1937	58 575	116,0

В последний год второй пятилетки (в 1937 г.) предполагается расход спирта на технические нужды в 9 раз больший, чем в 1932 г. (последний год первой пятилетки).

Денатурация может быть общая и специальная. Общая денатурация делается для спирта, поступающего для целей освещения, отопления, для моторов и для той части химической промышленности, в которой денатурирующие вещества не наносят вреда производству.

Для общей денатурации спирта применяется кетонное масло, пиридиновые основания, керосин, бензин, кроме того вводится кристаллофиолетовая краска.

Специальная денатурация производится в интересах химического производства. Например для производства путем брожения уксусной кислоты из спирта последний денатурируют уксусом, так как если бы дали на производство уксуса спирт, денатурированный керосином и бензином, то уксус был бы непригоден для пищевых целей.

Для производства эфира спирт денатурируют эфиром. Для медицинских целей спирт денатурируют формалином.

ВОПРОСЫ

1. Как пользуются пикнометром для определения процентного содержания спирта? Что показывает спиртомер Траллеса? Как устроен металлический спиртомер с 10 гирьками? Как определить вес гирьки спиртомера? Какое влияние имеет температура на показание спиртомера? Что показывает 1-я таблица и как ею пользоваться? Почему делают поправку по 2-й таблице? Определите, сколько литров абсолютного спирта имеется в цистерне, в которой находятся 24589 л спирта при температуре -12°C , когда спиртомер в стакане показал 78,4% при температуре -9°C ? Что показывают объемные проценты спирта и что показывают весовые проценты спирта? Когда удобнее пользоваться теми или другими? Какой будет объем смеси, содержащей 50 литров абсолютного спирта и 63,7 л воды?

Рассчитайте, пользуясь таблицей, сколько дкл, воды следует прибавить к 1375 дкл сырого спирта, чтобы получить рассирошку крепостью в 75%?

2. Как следует устроить трубопровод для передачи спирта из завода в подвал? Какие меры принять, чтобы предупредить возможные злоупотребления в учете наличия спирта в спиртовой цистерне? Как пользоваться наметкой? Какой формы и величины должны быть мерники для спирта? Как перекачивать спирт? Какие меры принять, чтобы во время транспорта не испортить ректификованного спирта?

Какие меры принять, чтобы избежать пожара в спиртовом подвале? Почему устраивают брандмауеры в подвале?

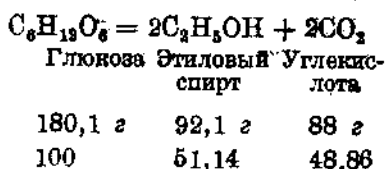
3. Что вы называете денатурированным спиртом? Какие вещества добавляют к спирту для общей денатурации? для частной денатурации? Какое количество денатурированного спирта расходовалось в год в царской России? в СССР?

ГЛАВА XXII

Теоретические и фактические выхода спирта из крахмала и сахара. Учет производства

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВЫХОДА СПИРТА ИЗ КРАХМАЛА И САХАРА

При изучении процесса брожения было указано, что на спиртовых заводах, перерабатывающих растительное сырье, брожение заторов происходит в слабокислой среде и идет по уравнению Гей-Люссака:

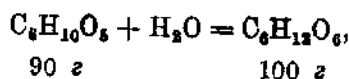


Поступающие в затор крахмал или тростниковый сахар разлагаются с образованием предварительно глюкозы или инвертного сахара, и последние уже обрабатываются посредством сбраживания дрожжей с образованием спирта и углекислоты. При этом из 100 г виноградного сахара должно теоретически (если бы брожение шло сплошь согласно уравнения Гей-Люссака без потерь) получаться 51,14 г этилового спирта.

Так как измерение количества спирта производится в СССР в объемных единицах — в литрах и декалитрах, то нужно перейти от весовых единиц к объемным, для чего 51,14 делят на удельный вес спирта — 0,79425, причем получается, что 100 кг глюкозы дают $51,14 : 0,79425 = 64,39$ л спирта при 15° Ц.

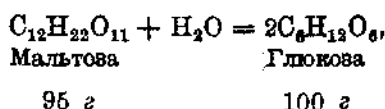
Зная количество спирта, какое дает при брожении 1 ц глюкозы, можно легко определить, какое количество спирта дает 1 ц крахмала и 1 ц мальтозы или тростникового сахара.

Гидролиз крахмала посредством кислоты происходит по уравнению



т. е. из 90 г крахмала получается после гидролиза 100 г глюкозы, а потому выход спирта из 100 кг крахмала равняется $64,39 \times \frac{100}{90} = 71,54$ л.

Гидролиз мальтозы идет по формуле:



т. е. из 95 г мальтозы получают 100 г глюкозы, а потому выход спирта из 100 кг мальтозы, а также из 100 кг тростникового сахара, который имеет такую же химическую формулу, что и мальтоза, равняется

$$64,39 \cdot \frac{100}{95} = 67,77 \text{ л.}$$

Теоретический выход спирта можно выразить следующей таблицей.

Теоретический выход спирта из одного центнера или 100 кг продукта.

Наименование обрабатываемого вещества		Выход абсолютного (100%) спирта в литрах
71,54	Крахмал	
67,77	Мальтоза или сахароза . .	
64,39	Глюкоза	

На практике такого выхода спирта получить нельзя, так как при брожении бывают неизбежные потери, о которых подробно будет указано ниже.

Заводы, работающие по способу «амило» и ведущие брожение чистой культуры, имеют малые потери (только 6—7%); хлебно-картофельные заводы, работающие по обычному способу, когда производство идет хорошо, дают выход в 63 л спирта из 1 ц крахмала и имеют потери в 12% первоначального крахмала, поступившего в производство.

Главспирт при расчете промфинплана, принимая за норму выход спирта из картофеля в 61 л из 1 ц крахмала; при таком выходе спирта производство имеет 15% потерь крахмала.

При очень плохой работе заводы получают выход спирта только 53 л из 1 ц крахмала, при этом потери производства составляют 26% всего крахмала.

Соотношение между теоретическим выходом спирта и фактическим выходом на заводе и величина потери производства при этом

Процент теоретического выхода спирта	Сколько процентов крахмала или сахара теряет производство	Сколько литров абсолютного спирта получается из 100 кг	
		Крахмала	Сахарозы или мальтозы
100	0	71,54	67,77
98	2	70,11	66,41
96	4	68,68	65,05
95	5	67,96	64,37
94	6	67,25	63,67
93	7	66,53	63,02
92	8	65,82	62,34
91	9	65,11	61,66
90	10	64,39	60,98
89	11	63,67	60,30
88	12	62,96	59,63
87	13	62,24	58,95
86	14	61,53	58,27
85	15	60,81	57,59
84	16	60,10	56,92
83	17	59,38	56,25
82	18	58,67	55,57
81	19	57,96	54,89
80	20	57,24	54,21
79	21	56,52	53,53
78	22	55,81	52,86
77	23	55,09	52,18
76	24	54,38	51,50
75	25	53,66	50,82
74	26	52,95	50,14
73	27	52,23	49,47
72	28	51,52	48,79
71	29	50,80	47,91
70	30	50,09	47,23

Таблица 64 показывает, как велики потери производства при данном фактическом выходе спирта.

ПОТЕРИ ПРОИЗВОДСТВА

Потери крахмала вследствие бесхозяйственности

Потери производства по недосмотру очень часты на предприятиях. Например потери в виде раздавленного картофеля по дороге от буртов к заводу, утечка картофеля через неисправную решетку картофельной мойки или через поднятую над канавой решетку, утечка зерна при перевозке его из амбара на завод через порванные, дырявые или незавязанные мешки и из мочильных чанов солодовни вследствие неисправности решетки.

Такого рода потери нередко встречаются на наших спиртовых заводах; с ними необходимо бороться как с недопустимыми.

Крахмал, остающийся нерастворенным и уходящий в барду

Часть крахмала из сырых материалов, поступающих в запарники Генце, остается несваренной и в сыром виде попадает в заторный чан, а затем в нерастворенном состоянии переходит в барду, составляя потерю для производства.

Сюда относятся потери крахмала в виде несваренных кусочков картофеля, ржи, кукурузы и пр.; цельные зерна зеленого солода, проскочившие через солододробилку и рассыпанные кругом дробилки, крахмал слишком грубо дробленного зеленого солода. К этим же потерям следует отнести потери сахара и крахмала через нижний кран для конденсационной воды запарника Генце, если ведут пропаривание картофеля впуском пара сверху.

При невнимательной варке сырого материала и невнимательном выдувании эти потери могут достигнуть крупной величины в 3—5%, между тем как при нормальной, хорошей работе допускается потеря только в 0,5—0,6%.

Чтобы избежать потерь сахара и крахмала, уходящих в канаву при пропаривании крахмала, в настоящее время, как правило, производят варку картофеля исключительно нижним паром и только в том случае, когда перерабатывают низкокрахмалистый 13—14%-ный картофель производят частичную пропарку картофеля верхним паром до температуры конденсационной воды в 35° Ц, после чего закрывают верхний выпуск пара и конденсационный кран, и ведут варку исключительно нижним паром.

Крахмал, остающийся нерастворенным вследствие плохого качества зеленого солода

Автор в своем третьем (1926 г.) издании «Руководства к контролю и учету винокуренного производства» не вводил этого пункта потерь (Фод его также не рассматривает); но изучая причины весьма частого явления «порчи производства» на наших хлебно-картофельных спиртовых заводах, при которых выход спирта из 1 ч крахмала нередко падает до 53—57 л, т. е. производство вместо обычных 13—15% потерь крахмала имеет 20—25% и больше, он пришел к заключению, что качество солода играет огромную роль в потерях производства. Потери эти так велики, что на это нужно обратить особое внимание, чтобы их совершенно изжить на спиртовых заводах.

Для уничтожения этого рода потерь может оказать большую помощь постоянный химический контроль зеленого солода, а также хорошее качество зерна для последнего.

Постоянный химический контроль над качеством солода

Техноруки к сожалению редко заглядывают в солодовню; лаборатория завода также мало занимается исследованием качества солода. Автор и бригада научно-исследовательского института наблюдали, что один день поступает в производство солод с хорошей способностью (в 5—6 см³ по Эфрону), а на другой день — с крайне плохой осахаривающей способностью (в 24—25 см³). При плохом солоде осахаривание крахмала

происходит крайне неудовлетворительно, вследствие чего сильно падает выход спирта.

Поэтому на наших спиртовых заводах должен осуществляться постоянный химический контроль со стороны лаборатории и технорука над качеством зеленого солода.

Качество зерна для солода

Очень важную роль играет качество зерна для солода. На спиртовых заводах нередко приходится перерабатывать попорченное зерно и отбросы, но вести благополучно производство с таким сырым материалом без больших потерь возможно только тогда, когда для солода отпущено зерно хорошего качества, с хорошей прорастающей способностью—в 90—95%. Когда на солод отпускают зерно с прорастающей способностью только в 50—55%, то при таком зерне для солода получают потери производства в 25—30%. Поэтому спиртозасты должны настоятельно требовать, чтобы для небольшого количества зерна (10%), которое поступает на изготовление солода, заготовительные организации отпускали ячмень или просо с хорошей прорастающей способностью.

Этим путем спиртозаводы будут избавлены от крупных убытков и от сильного падения производительности завода.

Технорук и лаборатория обязаны выяснить, сколько именно крахмала теряет производство вследствие плохого затирания и осахаривания. Определяют строгим взвешиванием сырого материала и анализом процентное содержание крахмала в сырье, зеленом солоде, сколько именно килограммов крахмала поступило в затор. Измерив объем затора, определив в его фильтрате баллинг и коэффициент декстрозы, находят сколько именно сахара или крахмала имеется в заторе в растворе. Разность между этими двумя величинами покажет, как велика потеря крахмала вследствие плохого затирания и осахаривания. Следует заметить, что не весь нерастворившийся крахмал будет потерян для производства. Если брожение проходит без большого нарастания кислоты и живой деятельности диастаз сохраняется в бражке до момента поступления ее на сгонку, то значительная часть крахмала растворяется во время процесса брожения. В этом отношении трехсуточное брожение выгоднее двухсуточного, так как при длительном дображивании больше растворяется крахмала.

Часть мальтозы и декстринов, растворенных в заторе, остаются несброженными

На практике брожение никогда не проходит так, чтобы сахар сбродил до 0° Бал; всегда остается часть сахара несброженной. При ведении трехсуточного брожения в герметически закрытых чанах остаются несброженными при самой превосходной работе 0,8—1,6% первоначального крахмала, при хорошей работе остаются несброженными 4—4,8%.

Успешность сбраживания, при отсутствии закисания, зависит от продолжительности срока брожения, энергии дрожжей и количества их.

Что касается продолжительности брожения, то очевидно, что при двухсуточном брожении остается больше несброженного сахара, чем при трехсуточном. Как уже было указано (см. глава X), трехсуточное брожение дает выход спирта на 2—2,5% больше, чем двухсуточное.

Что касается энергии дрожжей, то здесь важно взять в производство с самого начала энергичную расу дрожжей: для хлебно-картофельного производства расы II, XII, XV; для паточного — расы Я/S).

Кроме того необходимо принять меры, чтобы дрожжи могли сохранить всю свою энергию до конца брожения. Для этой цели следует вести брожение при тех температурах, какие были указаны при изучении процесса брожения. Высокие температуры, выше 30—31° Ц, ослабляют энергию дрожжей.

Следовательно чтобы осталось как можно меньше несброженного сахара, технорук должен следить за строгим соблюдением при возбраживании температуры 18—24° Ц, при главном брожении—27—30° Ц и при дображивании—25—28° Ц.

Что касается количества дрожжей, то на спиртовых заводах задают их более чем достаточно.

Чтобы показать, как найти количество не сброженного крахмала, когда имеются данные анализа сладкого затора и зрелой бражки, помещаем здесь следующий расчет.

Анализ сладкого кукурузного затора

Показание сахарометра Баллинга	19,7°
Удельный вес	1,0819
Мальтоза	13,25% вес.
Декстрины	4,26% >
Вещества, способные к брожению (М+Д)	17,51%
Вещества, неспособные к брожению	2,19%
Отношение мальтозы к декстринам (М : Д)	3,1 : 1
Истинный коэффициент доброкачественности	90%

Анализ зрелой бражки после двухсуточного брожения

Видимый отброд	—0,6°
Истинный отброд	3,4°
Нарастание кислотности за время брожения	0,2° Дальбрюка
Содержание спирта	10,1% объемн.
Мальтоза	0,443% вес.
Декстрины	0,664% >
Мальтоза и декстрины (М+Д)	1,106%
Отношение мальтозы к декстринам (М : Д)	1 : 1,5 ✓
Несахара	2,29%

Вычисляем сначала, сколько крахмала было в сладком заторе.

Так как 19 ч. мальтозы получаются из 18 ч. крахмала, то 13,25% мальтозы получено из $\frac{13,25 \cdot 18}{19} = 12,55\%$ крахмала, следовательно, сладкий кукурузный затор содержал всего $12,55 + 4,26 = 16,81\%$ крахмала. Точно также 0,443% мальтозы в зрелой бражке соответствуют $\frac{0,443 \cdot 18}{19} = 0,419\%$ крахмала; в зеленой бражке осталось всего несбро-

жеженного крахмала $0,419 + 0,664 = 1,083\%$, т. е. в ней не сброжено
 $\frac{1,083 \cdot 100}{16,81} = 6,4\%$ крахмала.

Для трехсуточного брожения такая потеря в виде несброженного крахмала велика; для двухсуточного брожения она вполне удовлетворительна.

Потери части сахара и образовавшегося спирта в процессе брожения

Потери сахара на размножение и жизнедеятельность дрожжей

Известно, что дрожжи при задаче их в затор начинают деятельно размножаться и из одной дрожжевой клеточки образуются новые 12 — 13 клеток. На создание новых клеток расходуется сахар, точно также расходуется сахар на их дыхание и жизнедеятельность.

Пастер обратил внимание на это обстоятельство и в процессе исследования нашел, что при спиртовом брожении, вызываемом дрожжами, образуются всегда янтарная кислота, глицерин и часть сахара расходуют сами дрожжи.

По мнению Пастера, только 95% сахара расходуются на образование спирта и углекислоты, а из остальных 5% расходуется на образование:

янтарной кислоты	0,60%
глицерина	3,18%
на размножение дрожжей	1,22%

Раньше уже было указано, что при нормальном спиртовом брожении с дрожжами чистой культуры, при отсутствии посторонних микроорганизмов, образуется всегда ацетальдегид как нормальный промежуточный продукт при брожении; кроме того образуются в небольших количествах (даже при отсутствии бактерий) кислоты муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная и др., на что расходуется часть сахара.

Конечно при спиртовом брожении образуются еще так называемые сивушные масла, т. е. высшие спирты: амиловый, бутиловый, пропиловый и др., но, как доказал Эрлих, эти спирты образуются не за счет сахара, а за счет продуктов распада белковых веществ — аминокислот.

Расход сахара затора на постороннее брожение

Обычно затор за время двух-или трехсуточного брожения несколько закисает; нормально нарастание кислотности равно 0,2—0,3° Дельбрюка, нередко оно бывает в 3—4 раза больше. Кислоты, образовавшиеся вследствие действия посторонних вредных микроорганизмов, образовались за счет сахара.

При молочнокислых дрожжах часть сахара обрабатывается молочнокислыми бактериями чистой культуры для образования молочной кислоты, необходимой в качестве антисептика.

Чтобы эти молочнокислые бактерии не пожирали сахар дальше в бро-
 дильном чану, необходимо их убить отваркой готового кислого дрожже-
 вого затора до температуры 80° Ц.

Потери спирта вследствие испарения и уноса его с углекислотой

В открытых бродильных чанах происходит сильное испарение образовавшегося спирта.

Как указывалось выше в главе X о ведении процесса брожения, эти потери спирта вследствие испарения и уноса его с углекислотой составляют в открытых бродильных чанах не менее 2,5%, и потому повсюду переходят на ведение брожения в герметически закрытых бродильных чанах.

Потери крахмала при процессе брожения самые крупные. С тех пор, как стали вести брожение в герметически закрытых чанах, они понизились, но все же они еще велики и составляют: при отличной работе — 5,4—5,9%, при хорошей работе — 7,4—7,9%.

Все потери производства при ведении хлебо-картофельного производства в герметически закрытых чанах при трехсуточном брожении можно свести к следующему (табл. 66).

Как уже указано было выше, при двухсуточном брожении заторов в 19—20° Бал выход спирта понижается на 2% против указанных в табл. 65.

Таблица 65

Потери производства при трехсуточном брожении (на 100 кг взятого крахмала) в кг

Род потерь	Отличная работа	Очень хорошая работа	Хорошая работа	Удовлетворительная работа
1. Остается нерастворенным .	0,1—0,2	0,3—0,4	0,5—0,6	0,7—0,8
2. Остается несброженным . .	0,8—1,6	2,4—3,2	4,0—4,8	5,6—6,4
3. Расходуется на размножение и жизнедеятельность дрожжей, на побочное брожение и на испарение	5,4—5,9	6,4—6,9	7,4—7,9	8,4—8,9
4. Превращение в спирт с образованием из 100 кг крахмала 71,54 л спирта	93,7—92,3	90,9—89,5	88,1—86,7	85,3—83,9
100 кг или 1 ц крахмала дают спирта в л	67,0—66,0	65,0—64,0	63,0—62,0	61,0—60,0

Таблица 66 показывает, какой должен быть выход спирта из сырых материалов, в зависимости от процентов содержания крахмала и от качества работы.

Ожидаемый выход спирта из сахаросодержащих сырых материалов (свеклы и свеклосахарной патоки)

Как было указано выше (см. стр. 355) 100 кг мальтозы или тростникового сахара дают теоретический выход в 67,77 л абсолютного спирта. В заводской практике считают, что выход спирта из 1 ц сахара составляет при

Отличной работе 64 л Хорошей работе 60 л
 Очень хорошей работе 62 » Удовлетворительной работе 58 »

Соответственно этому ожидаемый выход спирта из свеклы и патоки определяется из табл. 67.

Таблица 66

Ожидаемый выход спирта на 100 кг крахмалистых сырых материалов в зависимости от процента содержания крахмала и от качества работы в л безводного спирта

Материал	Крахмал в %	Отличная работа	Очень хо- рошая ра- бота	Хорошая работа	Удовлетво- рительная работа
Крахмал	100	67	64	62	60
Картофель	14	9,4	9,0	8,7	8,4
	16	10,7	10,2	9,9	9,6
	18	12,1	11,5	11,2	10,8
	20	13,4	12,8	12,4	12,0
Овес ¹	22	14,7	14,1	13,6	13,2
	24	16,1	15,4	14,9	14,4
	32	20,4	20,5	19,8	19,2
	34	22,8	21,8	21,1	20,4
Ячмень ¹	36	24,1	23,0	22,3	21,6
	38	25,5	24,3	23,6	22,8
	40	26,8	25,6	24,8	24,0
	42	28,1	26,9	26,0	25,2
Рожь, просо	44	29,5	28,2	27,3	25,4
	46	30,8	29,4	28,5	25,6
	48	32,2	30,8	29,8	28,8
	50	33,5	32,0	31,0	30,0
Кукуруза	52	34,8	33,3	32,2	31,1
	54	36,2	34,5	33,5	32,4
	56	37,6	35,8	34,7	33,6
	58	38,9	37,1	36,0	34,8
	60	40,2	38,4	37,2	36,0

Таблица 67

Ожидаемый выход спирта из свеклы и патоки в л абсолютного спирта

Материал	Сахар в %	Отличная работа	Очень хо- рошая ра- бота	Хорошая работа	Удовлетво- рительная работа
Чистый тростниковый сахар . .	100	64	62	60	58
Сахарная свекла	8	5,12	4,96	4,80	4,64
	10	6,40	6,20	6,00	5,80
	12	7,68	7,44	7,20	6,96
	14	8,96	8,68	8,40	8,12
Веклосахарная патока	16	10,24	9,92	9,60	9,28
	44	28,16	27,28	26,40	25,32
	46	29,44	28,52	27,60	26,68
	48	30,72	29,76	28,80	27,84
	50	32,00	31,00	30,00	29,00

¹ Выход спирта из крахмала овса и ячменя всегда на 2—3% ниже, чем из крахмала картофеля.

УЧЕТ ПРОИЗВОДСТВА

Как уже было указано, технорук имеет возможность судить о качестве работы по величине отброда и по нарастанию кислотности за время брожения. Но это дает только приблизительно понятие о ходе производства. Более обоснованное суждение о качестве работы дает учет производства, который можно сделать упрощенный и более сложный.

Упрощенный учет производства состоит в том, что определяют, сколько именно центнеров крахмала или сахара поступило в производство и сколько всего литров спирта получено. Определив, сколько литров спирта получено из 1 ц крахмала, можно при помощи вышеуказанных таблиц сделать вывод, какова работа завода.

Для выполнения этого упрощенного учета производства необходимо только, чтобы был точно взвешен сырой материал — картофель или зерно — и чтобы было определено в них процентное содержание крахмала.

На заводах, где имеется поляриметр, определение процентного содержания крахмала в зерне по Эверсу не представляет затруднений. Количество спирта точно учитывается помощью контрольного снарида и по спиртоприемному чану.

Труднее определение количества крахмала, поступившего в производство, когда на заводе нет поляриметра; тогда определяют объем сладкого затора, его баллинг и коэффициент декстрозы, что и даст возможность определить количество крахмала, поступившего в затор.

Подробнее об этом указано в «Руководстве к контролю и учету винокуренного производства» А. А. Фукса (1926 г.) и в «Инструкции для химиков по контролю и учету спиртового производства» (1933 г.).

Там же можно найти указание о ведении более подробного учета производства, когда определяют, как велики потери на каждой станции завода, что даст твердые указания, как и где исправить ошибки производства.

Спиртовые заводы довоенного времени и спиртовые заводы СССР

Нам уже известно, что ввиду повышения требований химической промышленности (в частности заводов синтетического каучука) на спирт, наша спиртовая промышленность прилагала в последние годы большие усилия, чтобы поднять производительность существующих спиртовых заводов. Об увеличении производительности заводов красноречиво говорят следующие цифры: в 1933 г. средняя годовая производительность одного спиртового завода увеличилась в сравнении с 1913 г. в 4 раза.

Но так как спирта, вырабатываемого на существующих спиртовых заводах, для растущей химической промышленности недостаточно, Наркомпищепром начал строить новые заводы-гиганты производительностью в 1—1,5 млн. ~~л~~л спирта в год.

Интересно, что изменился и самый тип спиртового завода.

Спиртовые заводы довоенного времени большей частью представляли тесные, низкие, мало освещенные здания, в которых рабочим приходи-

лось все работы выполнять вручную и таскать на своих плечах тысячи центнеров зерна, причем для обслуживания самого рабочего почти ничего не было предусмотрено и даже внутри завода по большей части не было необходимых удобств. В настоящее время вновь строящиеся спиртовые заводы (см. рис. 188 и 189) представляют собой заводы-дворцы. В них масса света и воздуха. Они снабжены удобными лестницами, по которым рабочим не приходится таскать на своих плечах мешки с зерном. Рабочим не приходится работать в грязных моечных отделениях, на сквозняках, подавая вручную тысячи центнеров картофеля, так как весь внутризаводской транспорт механизирован, а на многих заводах все движущиеся части электрифицированы.

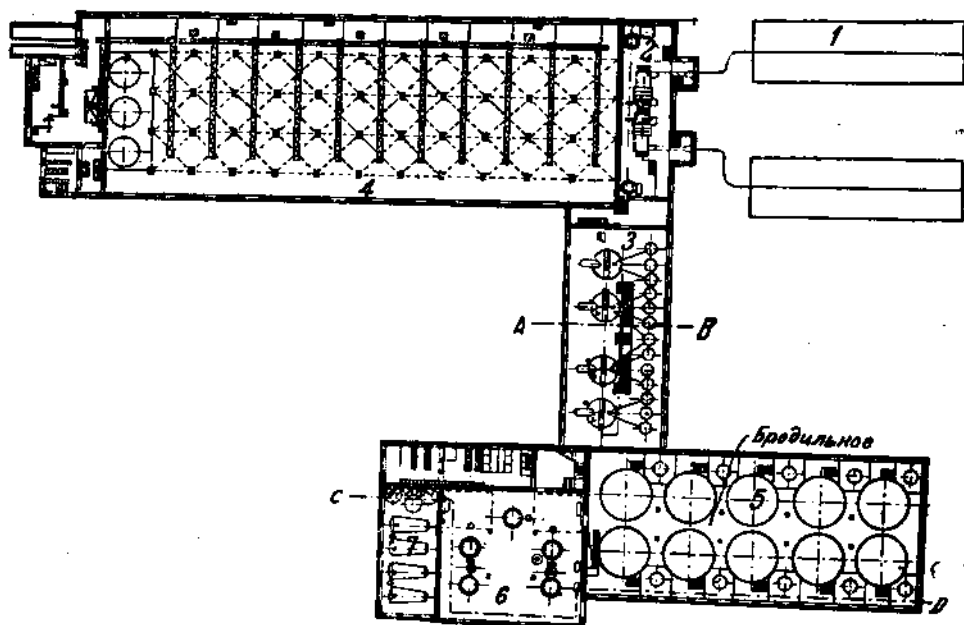


Рис. 188. План спиртового завода новейшей конструкции.

Все заводы без исключения имеют внутри души, раздевальни, комнаты-ожидальни, клубы и библиотеку.

Внутри и вне завода устраиваются многочисленные курсы для поднятия технического образования рабочих, которые принимают участие во всех технических совещаниях завода и помогают рационализировать производство, повышать его производительность, а также производительность труда.

Вместе с тем научно-исследовательская мысль продолжает работать над вопросами дальнейшего совершенствования производства, чтобы от процессов периодически действующих перейти на процессы непрерывно действующие.

При размещении помещений завода обычно располагают генцезаторное, машинное, аппаратное и ректификационное отделения, являю-

щиеся главными потребителями пара, поближе к паровичному отделению. При размещении аппаратуры стремятся расположить ее таким образом, чтобы она вся была на виду и легко доступна обслуживанию и контролю.

В центре завода располагают лабораторию, которая в настоящее время является душой производства, давая возможность правильно оценить работу каждой смены, каждого цеха, наладить учет социалистического соревнования и вполне сознательно управлять производством.

Кроме того при спиртовых заводах устраивают в настоящее время новый цех, которого раньше не было, а именно цех для предварительной обработки зерна до поступления его в запарники Генце.

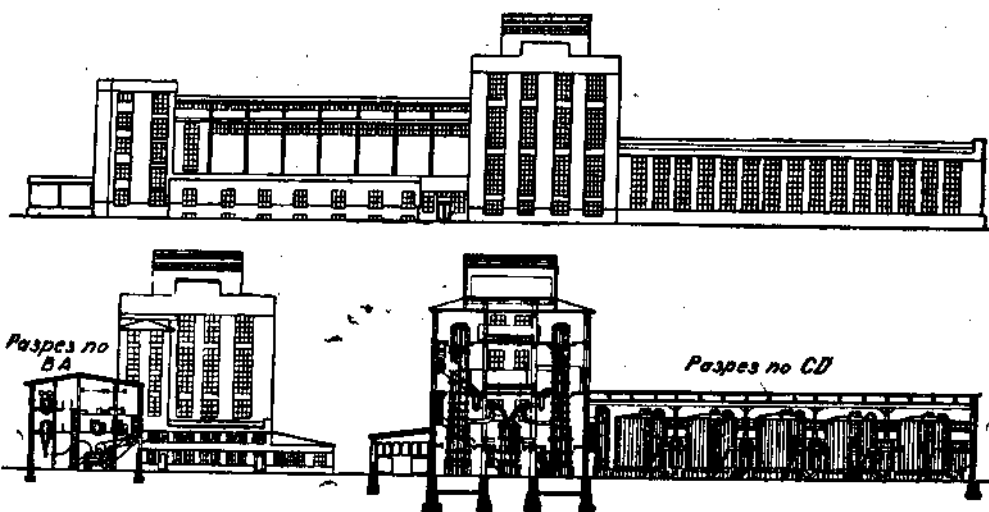


Рис. 189. Фасад и разрез спиртового завода новейшей конструкции.

В заключение приводим на рис. 190 схему хлебно-картофельного производства, а на рис. 190а и 190б схему паточного производства.

❑ ВОПРОСЫ ❑

1. Сколько килограммов спирта возможно теоретически получить из 100 кг глюкозы? Сколько килограммов углекислоты возможно теоретически получить при производстве 100 кг спирта? Сколько литров спирта возможно теоретически получить из 100 кг глюкозы? из 100 кг крахмала? из 100 кг тростникового сахара? из 100 кг мальтозы? Из 100 кг инулина? из 100 кг клетчатки?

2. Вычислите, сколько процентов крахмала тернет производство, если выход спирта из центнера крахмала составляет 62,96 л? 57,24 л?

3. Какие потери крахмала следует считать бесхозяйственными? Какой величины потери крахмала допустимы в виде не сваренного крахмала? Какой величины потери крахмала возможны вследствие плохого качества зеленого солода? Как бороться с этими потерями? Как велики потери крахмала в виде несброженной мальтозы? В виде не сброженных декстринов? Как велики потери крахмала при брожении? Какими причинами они вызываются? Почему выход спирта при двухсуточном брожении ваторов в 18–20° Бал на 2–2,5% ниже, чем при трехсуточном? Сколько литров спирта можно получить из центнера крахмала при отличной работе на заводе? при хорошей работе?

при удовлетворительной работе? Какой выход спирта будет при этих условиях из центнера тростникового сахара? из центнера янулина? из центнера клетчатки?

4. Как сделать учет производства, если известно, сколько центнеров картофеля и зеленого солода поступило в производство и сколько процентов крахмала они содержат?

5. Чем отличаются новоостроюющиеся спиртозаводы от таковых довоенного времени? Перечислите, какие помещения должен иметь современный спиртзавод и как их разместить?

6. Изучите схему производства хлебокартофельного завода, помещенную в конце книги (рис. 185), составьте по этому образцу схему вашего производства и скажите, какую рационализацию вы можете внести в ваш метод ведения производства.

ЛИТЕРАТУРА

- G. Foth, Handbuch der Spiritusfabrikation, 1929.
Maerker-Deibrück, Handbuch der Spiritusfabrikation, 1908.
Szilagyi, Die Betriebskontrolle der Spiritusfabrikation, 1907.
H. Nebel, Ueber den Bau und die Bedienung von Destillier- und Rektifizier-Apparaten, 1927.
M. Rüdiger, Der landwirtschaftliche Brennereibetrieb, 1924.
E. Lühder, Die Technologie der Spiritusindustrie, 1920.
W. Henneberg, Gärungsbakteriologisches Praktikum, 1926.
M. Bücheler, Leitfaden für den landwirtschaftlichen Brennereibetrieb, 1900.
Г. Фот, Руководство к производству спирта, 1932—1934 г.
В. Куликов, Н. Разумов, Р. Гивартовский и И. Бобрин, Технология брожения, 1932 г.
Матисен и Троицкий, Руководство к винокурению, 1892 г.
А. Киров, Техническая аппаратура винокуренного производства, 1929 г.
А. Фукс, Руководство к контролю и учету винокуренного производства, 1926 г.
Г. Фертман и Д. Климовский, Методы физико-химического контроля спиртового производства, 1933 г.
А. Ситников, Микробиология брожения, 1933 г.
К. Гриневич, Руководство к винокурению, 1912 г.
Э. Хаусбранд, Действие ректификационных и перегонных аппаратов, 1931 г.
Ш. Марийе, Перегонка и ректификация в спиртовой промышленности, 1934 г.
И. Денике, Руководство по техно-химическому контролю спиртового производства 1933 г.
Zeitschrift für Spiritusindustrie.
Журн. «Пищевая промышленность».
Журн. «Бродильная промышленность».
-

СОДЕРЖАНИЕ

Глава VII

Сущность брожения

	Стр.
Исторический обзор	3
Спиртовое брожение	6
Влияние солей фосфорной кислоты на спиртовое брожение	8

Глава VIII

Микроорганизмы, вызывающие брожение сахара

Дрожжи	10
Способы размножения дрожжей. Вид дрожжей под микроскопом в различных стадиях их роста	10
Классификация дрожжей	14
Дрожжи дикие и культурные	14
Дрожжи верхнебродящие и нижнебродящие	16
Дрожжи для сбраживания и дрожжи для размножения	16
Дрожжи хлопьевидные и пылевидные	17
Условия жизнедеятельности дрожжей	17
Химический состав дрожжей	17
Питательные вещества для дрожжей	18
Влияние различных факторов на жизнедеятельность дрожжей	19
Влияние температуры	19
Влияние концентрации водородных ионов — pH	22
Дрожжи чистой культуры	23
Различные свойства дрожжей для спиртового, пивоваренного и дрожжевого производств. Расы дрожжей	22
Получение дрожжей чистой культуры по Ганаэну и по Линднеру	24
Размножение дрожжей чистой культуры	25
Снабжение спиртовых заводов дрожжами чистой культуры	28
Бактерии	32
Общий обзор	32
Бактерии, встречаемые в спиртовом производстве	35
Молочнокислые бактерии	35
Маслянокислые бактерии	38
Уксуснокислые бактерии	39
Бактерии мочки льна (бациллус мацеранс)	40
Другие бактерии, встречаемые в спиртовом производстве	41
Плесени	43

Приготовление дрожжей

	Стр.
Методы приготовления дрожжей и ведения брожения на спиртовых заводах	48
Метод брожения в герметически закрытых чанах по способу «чистой культуры»	48
Методы ведения брожения в закрытых и открытых бродительных чанах по способу «естественной чистой культуры»	49
Возможность ведения брожения на хлебно-картофельных спиртовых заводах, пользуясь для возбуждения брожения простым переливом бродящей жидкости в свежеприготовленный затер	48
Причины заготовления отдельных дрожжей на хлебно-картофельных спиртовых заводах	49
Выбор материала для приготовления дрожжевого затора	49
Более высокие температуры стерилизации затора	50
Прибавление в дрожжевой затер антисептиков	50
Приготовление концентрированного дрожжевого затора в 19—20° Бал	50
Приготовление дрожжей для хлебно-картофельного производства	51
Приготовление дрожжевого затора	51
Задача антисептиков	54
Ведение молочнокислого закисания	55
Стерилизация кислого теста	59
Подкисление дрожжевого затора посредством серной кислоты	59
Подкисление дрожжевого затора посредством плавиковой кислоты	60
Определение концентрации водородных ионов в заторах на спиртовых заводах. Колориметр Вульфа	61
Расхолаживание кислого дрожжевого затора	62
Температура расхолаживания дрожжевого затора после задачи дрожжевой матки и величина последней	63
Созревание дрожжей и снятие матки	64
Избегание мертвых пунктов при ведении заводских дрожжей	65
Помолаживание дрожжей	66
Признаки для суждения о качестве дрожжей	67
Исследование дрожжей под микроскопом	67
Определение баллинга	68
Определение нарастания кислотности в дрожжах	69
Очистка дрожжевой матки	69
Соблюдение чистоты на заводе как основа хорошего выхода спирта	69
Устройство дрожжевого отделения	72

Глава X

Ведение брожения в заторах

Три периода брожения	74
Вовбраживание	74
Главное брожение	75
Дображивание	76
Влияние различных факторов на успешность процесса брожения	76
Влияние концентрации затора	76
Влияние температуры складки и температуры во время брожения	77
Влияние срока брожения	78
Расхолаживание бражки	79
Освежение бражки	80
Виды брожения	81
Перекатывающееся брожение	81
Поднимающееся и опускающееся брожение	81
Пенистое брожение	82

	Стр.
Покровное брожение	84
Наиболее выгодный способ переработки толстокожурного зерна на спирт	85
Переработка ячменя	85
Переработка овса	87
Переработка овса совместно с рожью или картофелем	89
Предварительная обрубка кожуры овса	90
Переработка проса	90
Продувание воздуха	91
Преимущества ведения брожения в закрытых бродильных чанах	91
Рационализация работы в дрожжевом и бродильном отделениях	92
Количество задаваемых дрожжей	92
Проблема ведения непрерывного брожения в хлебно-картофельных заторах	94
Бродильные чаны открытые и герметически закрытые, их устройство и размеры	95
Выбор материала для чанов	95
Деревянные открытые чаны	96
Деревянные чаны с крышками	96
Герметически закрытые железные бродильные чаны	98
Форма чанов	98
Объем чанов	101
Ловушка для улавливания спиртовых паров, выделяющихся с углекислотой	101
Холодильные приспособления в герметически закрытых бродильных чанах	104
Заторный трубопровод к бродильным чанам	105
Трубопровод для углекислого газа	105
Трубопровод для бражки	107
Удаление углекислого газа из бродильного чана перед очисткой чана	107
Помещение бродильного отделения	108
Суждение о качестве работы бродильного отделения	108
Исследование затора посредством сахарометра	108
Коэффициенты доброкачественности затора	110
Определение видимого отброда в зрелой бражке	114
Определение истинного отброда и процентного содержания спирта в бражке (по Сальерону, по изменению удельного веса помощью эбулиоскопа и по Меркеру)	116
Определение объема шелухи в сладком заторе	121
Определение кислотности бражки	122
Проба бражки на иод	122
Определение осаживающей способности зрелой бражки	122
Определение по способу Эфрона	122
Определение по способу Эльрота	123
Исследование экстракта зрелой бражки путем сбраживания	123
Проблемы, стоящие перед спиртовой промышленностью в области ведения процесса брожения	125

Глава XI

Производство спирта [из хлебно-картофельных материалов по методу ведения чистых культур

Ведение производства без солода по способу «амило»	129
Особенности способа «амило»	129
Переработка кукурузы	132
Переработка картофеля	135
Видоизменение способа «амило»	135
Качество барды, получаемой при способе «амило»	136
Преимущества и недостатки способа «амило»	136

Ведение относительно стерильного брожения по способу Ферлиндена . . .	137
Сущность способа Ферлиндена	137
Количество зеленого солода и способ его задачи	138
Стерилизация дрожжей	139
Выгоды и преимущества способа Ферлиндена	139
Хлор и белильная известь вместо формалина для ведения стерильного брожения	139

Глава XII

Переработка прочих крахмалистых материалов на спирт и производство спирта из гороха, бобов и вики

Производство спирта из риса	142
Производство спирта из сорго	143
Переработка крахмала второго сорта (грязевого крахмала) и картофельной мезги	145
Производство спирта из бататов	147
Производство спирта из диких или конских каштанов	148
Производство спирта из желудей	151
Спирт из печей хлебопекарных заводов	151

Переработка на спирт мукозисодержащих сырых материалов 153

Переработка пикория и земляной груши	153
Способ Рюдигера	154
Способ диффузии	154
Способ варки в запарниках Генце под высоким давлением	155

Глава XIII

Переработка сахаросодержащих сырых материалов на спирт

Переработка свеклы	158
Химический состав свеклы	158
Очистка и транспортировка свеклы	159
Методы переработки свеклы	160
Способ Дюжердена	160
Способ диффузии	162
Сущность процесса диффузии	162
Устройство диффузионных батарей на спиртовых заводах	162
Диффузионные батареи Покорного и Гильома, Эгро и Гранже	165
Подкисление свеколовичного сока серной кислотой	166
Применение горячей барды	167
Брожение свеколовичных соков	167
Побочные брожения свеколовичных соков	168
Запаривание свеклы в запарниках Генце	169
Задача в затор зеленого солода	170
Ведение дрожжей и брожения в свеколовичных заторах	170
Выход спирта из свеклы и производительность завода	171
Состав отходов производства	171
Переработка фруктов на спирт	172

Переработка свеклосахарной патоки на спирт

	Стр.
Количество патоки, перерабатываемой в СССР	176
Химический состав патоки	176
Отличие способа переработки затаров от способа переработки хлебно-картофельных затаров	178
Оценка патоки	178
Определение концентрации	178
Содержание инвертного сахара в патоке и определение кислотности или щелочности	179
Транспортировка патоки	181
Расшировка патоки	182
Отстойники и напорные чаны для патоки	185
Приготовление паточных дрожжей	185
Объем и дрожжевой посуды	185
Концентрация дрожжевого затара	186
Стерилизация дрожжевого паточного сусла	186
Подкисление дрожжевого затара	186
Подкисление и нейтрализация патоки для главного затара	187
Давление азотистолитательных веществ в дрожжевой затар	189
Материалы, употребляемые для азотистого питания дрожжей	188
Применение автолизата осадочных дрожжей в качестве азотистого питания дрожжей	188
Приготовление автолизата	189
Задача суперфосфата в дрожжевое сусло	190
Задача магниевых солей	190
Подкисление паточного сусла посредством молочнокислого закисания	191
Молочнокислосое закисание по способу Гладкого, или способ непрерывного молочнокислого брожения	192
Сравнительные достоинства сернокислого или молочнокислого закисания в дрожжах	193
Выбор расы дрожжей	193
Ведение процесса брожения в паточных дрожжах	193
Ведение работы с промежуточными чанами, или с чанами для предварительного брожения	194
Ведение работы без промежуточных чанов	195
Ведение брожения в бродильных чанах	196
Залив бродильного чана по способу подмолодок	197
Залив бродильного чана по непрерывно приточному способу	198
Ведение брожения по способу Щепкина и Васильева	202
Ведение брожения при ненормальной, больной патоке	202
Влияние кипячения, формалина и суперфосфата	203
Пробное брожение для выяснения лучшего способа обработки патоки	204
Азотнокислосое брожение патоки	204
Заражение патоки бактерией лейкопастоном (клеком)	204
Способ Гивартовского для биологической оценки больной патоки и для очистки ее с помощью хлорирования	205
Как избежать частой порчи производства, вызываемой больной патокой	206
Количество бродильных чанов	207
Схема производства паточного спирта	207
Ведение смешанного хлебно-паточного производства	207
Особенности при перегонке паточной бражки	208
Утилизация отходов при производстве спирта из патоки	208
Углекислота	209
Осадочные дрожжи	209
Паточная барда	210

Проблемы, стоящие перед спиртовой промышленностью в области производства спирта из патоки	220

Глава XV

Производство спирта из сульфитных щелоков

Размеры производства спирта из сульфитных щелоков	223
Химический состав сульфитных щелоков	224
Ведение производства	225
Выдувание сульфитных щелоков	225
Нейтрализация избытка кислоты	225
Отстаивание после нейтрализации	227
Проветривание и охлаждение	227
Добавление к щелокам азотистопитательных и минеральных веществ	228
Процесс брожения	228
Качество сульфитной бражки	231
Ожидаемый выход спирта	231
Качество сырого сульфитного спирта	232
Утилизация сульфитной барды	232
Проблемы, стоящие перед спиртовой промышленностью в области производства спирта из сульфитных щелоков	232

Глава XVI

Производство спирта из древесины и торфа

Переработка древесины на спирт	233
Химический состав древесины	233
Гидролиз клетчатки посредством серной кислоты	234
Гидролиз клетчатки посредством соляной кислоты	235
Переработка древесины по способу Ивна и Томлинсона	236
Переработка древесины по способу Шоллера	237
Переработка торфа на спирт	242

Глава XVII

Получение глицерина, ацетона и бутилового спирта путем брожения

Получение глицерина	245
Способ «протол»	245
Получение глицерина из кормовой свеклосахарной патоки по способу проф. Головина	246
Получения ацетона и этилового спирта	247
Получение бутилового спирта и ацетона	248

Глава XVIII

Синтетическое получение спирта

Получение этилового спирта из карбида кальция	252
Получение спирта из каменноугольных газов	254
Получение спирта из водяного газа	255
Получение бутилового спирта из карбида кальция	256

Перегонка бражки

Стр.

Простая перегонка и ее законы	257
Закон температур	258
Закон крепостей	259
Таблицы Гренинга, Деница, Сорелля и Бергштрема	259
Перегонка под разрежением	265
Сложная перегонка (укрепление спиртовых паров)	265
Процесс ректификации	265
Ректификаторы для бражки	266
Ректификаторы для смеси воды и спирта	269
Укрепление помощью процесса дефлегмации	271
Классификация дефлегматоров по элементам охладителей	272
Дефлегматор как укрепитель спиртовых паров	273
Принципы которыми надлежит руководствоваться для правильного суждения о совершенстве работ ыдефлегматора	274
Дефлегматоры новейшей конструкции или дефлегматоры-ректификаторы	275
Величина дефлегматоров	277
Холодильники для спирта	277
Цилиндрические холодильники или кюллеры	277
Трубчатые холодильники	278
Змееобразные холодильники	279
Комбинация холодильников разных конструкций	279
Величина холодильников	279
Бардачной регулятор	279
Устройство для впуска пара в аппарат	281
Сборник для пара с регулятором системы Бормана	282
Фонарь с фильтром и воздушником для получаемого сырого спирта	284
Периодически действующий брагоперегонный трехкубовый аппарат Писториуса	285
Непрерывно действующие брагоперегонные аппараты	286
Одноколонный аппарат Бома	286
Двухколонный брагоперегонный аппарат	289
Одноколонный аппарат Ильгеса	290
Брагоперегонный аппарат Кузнецова и Алексеева	292
Брагоперегонные аппараты для получения сырого спирта крепостью 94—95% объема	294
Французские брагоперегонные аппараты для сырого спирта	294
Ведение работы на брагоперегонных аппаратах	295
Сборка частей аппарата	295
Проба аппарата водой	296
Пропуск аппарата	297
Остановка аппарата	299
Мойка аппарата	300
Особые случаи ненормальной работы брагоперегонных аппаратов и их причины	300
Засорение фильтра для спирта	300
Засорение бражной или лютерной колонны	301
Затруднительный выход воздуха из аппарата	301
Проход теплого спирта в фонарь при попытке форсировать работу на аппарате	301
Изменение количества спирта и крепости его	302
Появление большого количества спирта в барде	302
Производительность брагоперегонных аппаратов	303
Расход тепла и пара на брагоперегонных аппаратах	304

Причины слишком большого расхода пара (23—26 кг на 100 кг бражки) на некоторых брагоперегонных аппаратах	306
Расход воды на перегонных аппаратах на 100 кг бражки	308
Расход воды в дефлегматоре	308
Расход воды на спиртовые холодильники	309
Материал для изготовления брагоперегонных аппаратов	309
Контрольный снаряд для точного учета спирта бр. Сименс	310
Бражной насос, бардяной насос, мовжю и мөрники для барды	313
Бражной насос	313
Бардяной насос	314
Мовжю для выкачки барды	315
Устройство для отпуска барды в бочки	317

Глава XX.

Утилизация хлебно-картофельной барды.

Состав хлебно-картофельной барды	319
Химический состав барды	319
Влияние большого содержания воды	320
Содержание азотистых веществ в барде	320
Содержание жиров и углеводов	321
Безазотистые вещества, неспособные к брожению	321
Кормовая ценность различных сортов барды	321
Правильный откорм скота бардой	322
Бардяной мокрец	323
Консервирование барды посредством молочнокислого закисания	327
Сушка барды	330
Сушка для барды без предварительного отделения жидкой части	330
Сушка для барды по способу Луизвиля (с предварительным отделением жидкой части)	333
Проблемы стоящие перед спиртовой промышленностью в области утилизации барды	336

Глава XXI

Алкоголеметрия; оборудование спиртового подвала; денатурированный спирт

Алкоголеметрия	338
Общие понятия	338
Спиртомеры	339
Влияние температуры на показания спиртомера	344
Определение количества спирта по «I» и «II» таблицам	344
Объемные и весовые проценты спирта	347
Сжатие объемов смесей спирта и воды	347
Разбавление крепких спиртовых жидкостей водой до желательной концентрации	347
Оборудование спиртового подвала	348
Денатурированный спирт	351

Глава XXII

Теоретические и фактические выхода спирта из крахмала и сахара; учет производства

Теоретические выхода спирта из крахмала и сахара	354
Потери производства	356
Потери крахмала вследствие бесхозяйственности	356

	<i>Стр.</i>
Крахмал, остающийся нерастворенным и уходящий в барду	357
Крахмал, остающийся нерастворенным вследствие плохого качества зеленого солода	357
Постоянный химический контроль над качеством солода	357
Качество зерна для солода	358
Часть мальтозы и декстринов, растворенных в заторе, остаются несброженными	358
Потери части сахара и образовавшегося спирта в процессе брожения .	360
Потери сахара на размножение и жизнедеятельность дрожжей	360
Расход сахара затора на постороннее брожение	360
Потери спирта вследствие испарения и уноса его с углекислотой .	361
Ожидаемый выход спирта из сахаросодержащих сырых материалов (свеклы и свеклосахарной патоки)	361
Учет производства	363
Спиртовые заводы довоенного времени и спиртовые заводы СССР . .	363
Литература	366

(В тексте 118 рисунков)



Редактор Фертман Техред С. Флоринский
Пост. в пр-во 20/IX—34 г. Подп. к печ. 29/XII—34 г.
Инд. Изд-ва ст. 24 в—28 у ^{1/16} доля 62×94
№ Изд-ва 3850 23 1/2 п. л. 52528 зн. в 1 п. л.
Упол. Главлита В-99697 Заказ 6557 Тираж. 1000.

5-я тип. Трансжелдориздата Москва
Маланчевский туп., 3/5

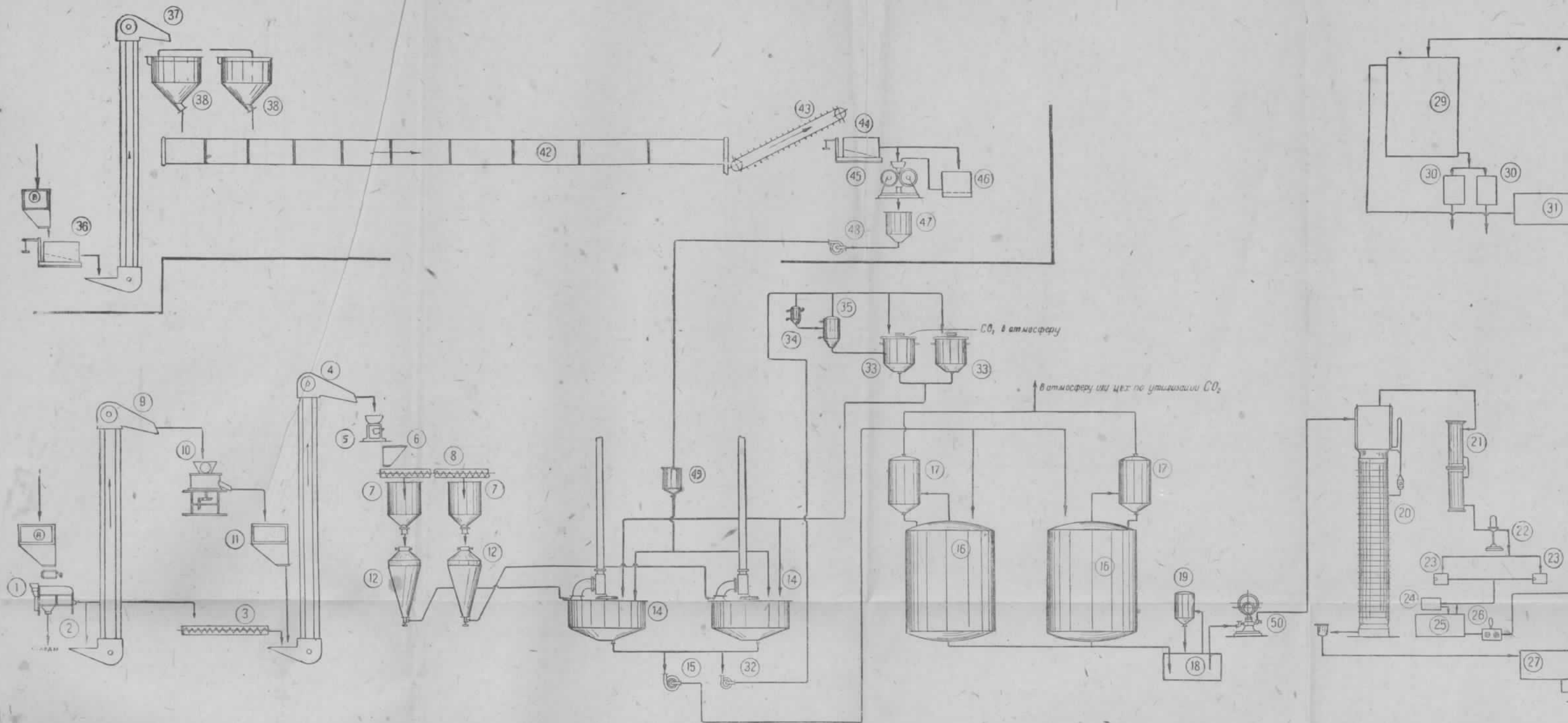


Рис. 190. Схема хлебно-картофельного производства на лучших спиртовых заводах СССР.

А. Загрузочный бункер. В. То же. 1. Электромагнит. 2. Тарар. 3. Шнек. 4. Элеватор. 5. Весы Хронос. 6. Бункер. 7. Предзапарник. 8. Распределительный шнек. 9. Элеватор. 10. Жерновой постав. 11. Бункер для размолва. 12. Запарник Гейсера. 14. Затворный чан. 15. Затворный насос. 16. Броdistный чан. 17. Спиртовая дефекация. 18. Насос для спирта сырого. 19. Ловушка. 20. Перегонный аппарат. 21. Холодильник. 22. Спиртовой фомарь. 23. Контрольный спирт. 24. Спиртоприемник. 25. Спиртоприемник. 26. Насос для спирта сырого. 27. Сборник барды. 28. Насос для барды. 29. Бардачная баня. 30. Мерник барды. 31. Бардачный силос. 32. Насос для барды. 33. Насос для барды. 34. Лидер (малый). 35. Лидер (большой). 36. Весы солодовни. 37. Элеватор солодовни. 38. Мочильный чан. 42. Растительные камеры (тон). 43. Насос для солода. 44. Весы для солода. 45. Солодохромила. 46. Чан для промывки солода. 47. Чан солодового молока. 48. Насос для солода. 49. Мерник солодового молока. 50. Бражный насос.

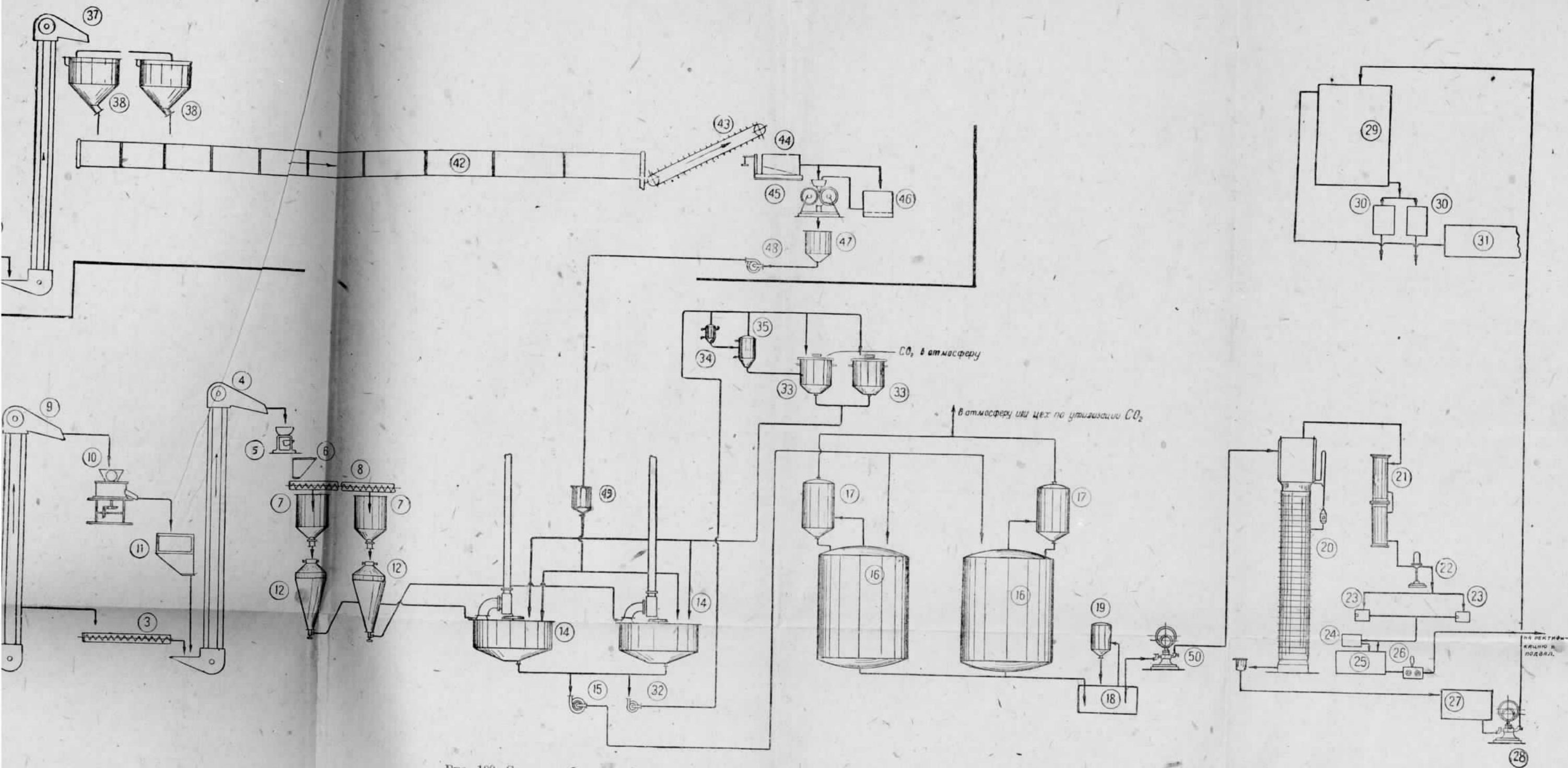


Рис. 190. Схема хлебно-картофельного производства на лучших спиртовых заводах СССР.

пр. В. То же. 1. Электромагнит. 2. Тарар. 3. Шнек. 4. Элеватор. 5. Весы Хронос. 6. Бункер. 7. Предзапарник. 8. Распределительный шнек. 9. Элеватор. 10. Жерновой постав. 11. Бункер для размола. 12. Запарник Генце. 14. Затормозный чан. 15. Затормозный насос. 16. Бродительный чан. 17. Спиртовая ловушка. 18. Промывочный бак. 19. Ловушка. 20. Перегонный аппарат. 21. Холодильник. 22. Спиртовой фанар. 23. Контрольный свар. 24. Спиртоприемник. 25. Спиртоприемник. 26. Насос для спирта сырого. 27. Сборник барды. 28. Насос для барды. 29. Бардовый бак. 30. Мерник барды. 31. Бардовый силос. 32. Насос дрожжевого сусла. 33. Липидер (малый). 34. Липидер (большой). 35. Весы солодовни. 36. Весы солодовни. 37. Элеватор солодовни. 38. Мочильный чан. 42. Растительные камеры (тон). 43. Подъемник солода. 44. Весы для солода. 45. Солодохрилка. 46. Чан для промывки солода. 47. Чан солодового молока. 48. Насос солодового молока. 49. Мерник солодового молока. 50. Бразный насос.

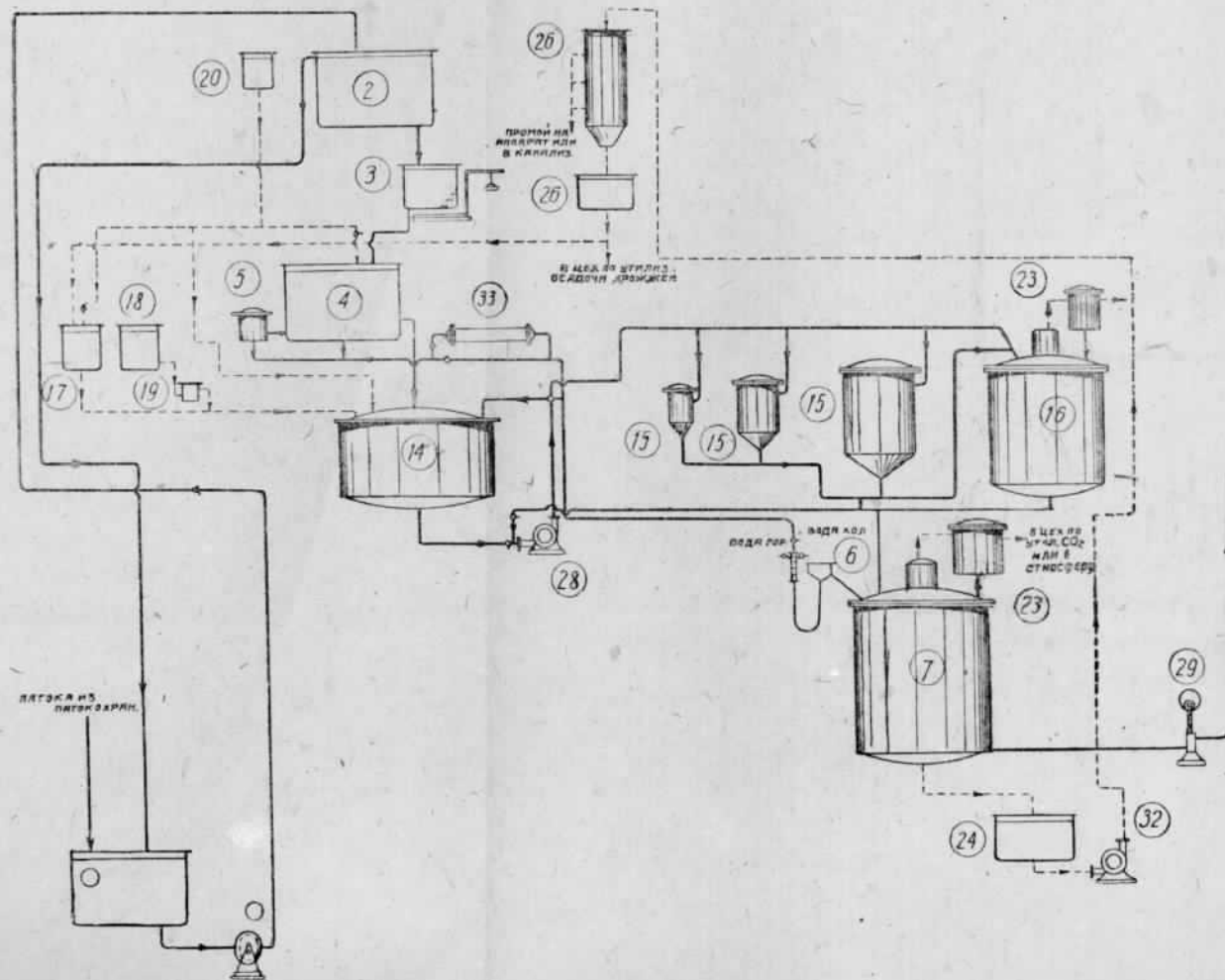


Рис. 190а.

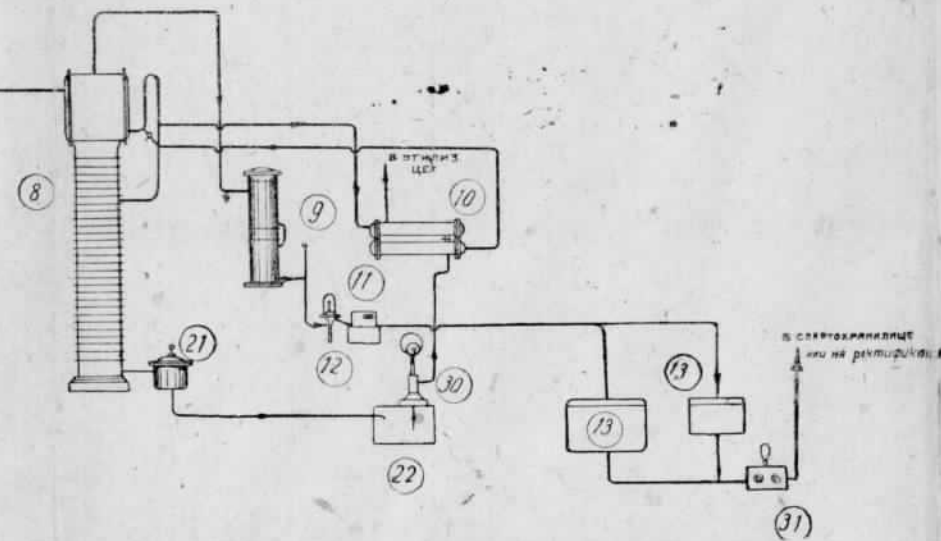


Рис. 141а. Схема производства паточно-спиртового завода.

- К рис. 190-а.
1. Приемный чан для патоки
 2. Напорный чан
 3. Бесш
 4. Рассиропник
 5. Чанок для разбавленной серной кислоты
 6. Холодильн. вода
 7. Бродинный чан
 8. Брагоперегонный аппарат
 9. Холодильник для спирта
 10. Рекуператор для подогрева бражки
 11. Фонарь для спирта
 12. Контрольный сырь
 13. Спиртопр-емный чан
 14. Дрожжезаторный чан
 15. Линиер и подлинниер для размножения дрожжей
 16. Дрожжанка
 17. Чан для автолизата
 18. Чан для раствора суперфосфата
 19. Фильтр для суперфосфата
 20. Бак для воды
 21. Регулятор барды
 22. Чан для барды
 23. Промывалка для углекислоты
 24. Чан для осадочных дрожжей
 25. Чан для отстаивания и промывания дрожжей
 26. Насос для дрожжей
 27. Насос для бражки
 28. Насос для барды
 29. Насос для спирта
 30. Насос для осадочных дрожжей
 31. Теплообменник