

Эр 7411-007, 144

Ф 50

НАРКОМПИЩЕПРОМ СССР

ГЛАВКОНДИТЕР

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
КОНДИТЕРСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

СИГНАЛЬНЫЙ —
— ЭКЗЕМПЛЯР

**ФИЗИКО-
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
САХАРОВ И КАРАМЕЛИ**

МОСКВА

1938.

НАРКОМПИЩЕПРОМ СССР

ГЛАВКОНДИТЕР

664.11+664.14
Ф56

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
КОНДИТЕРСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ФИЗИКО-

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
САХАРОВ И КАРАМЕЛИ

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БССР

14405

7.89 96;08

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БССР

Д. е. н.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
I	
Вязкость сахарных, паточных и карамельных растворов	3—19
II	
Гигроскопичность сахаров и карамели	21—35
III	
Влияние сахаров, коллоидов и кислот на кристаллизацию чистой сахарозы	37—63
IV	
Упругость пара и повышение температуры кипения растворов мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели	65—85
V	
Плотность и рефракция водных растворов мальтозы (гидрат), декстрозы и левулезы	87—96

Отв. редактор Гордеев С. И.	Спец. редактор Соколовский А. Л.
Уполномоченный Главлита № Б—55408	Тираж 1.000 экз.
6 печатных листов.	Заказ № 422
Сдано в производство 1/VIII 1938 г.	Подписано к печати 14/XI 1938 г.
Техред Урицкий А. Б.	

Типография изд-ва «Московский рабочий», Петровск, 17.

Кандидат техническ. наук

Соколовский А. Л.

Кандидат техническ. наук

Егорова А. М.

Младший научный сотрудник

Шлифштейн Р. И.

У Вязкость

сахарных, патоčných

и карамельных растворов

Исследование вязкости растворов основных продуктов, применяемых в кондитерском производстве имеет весьма важное значение для контроля технологического режима и расчета аппаратуры. Исследование вязкости дает также возможность наблюдать за изменениями молекулярного строения веществ, имеющими место в процессе производства.

Вязкость исследуемого раствора характеризует сопротивление (обусловливаемое сцеплением молекул), оказываемое данным раствором какому-нибудь принудительному одностороннему перемещению молекул. Вследствие указанного каждая жидкость в определенных условиях имеет определенную вязкость, зависящую от концентрации, температуры и свойств молекул, составляющих ее веществ.

Исследование вязкости указанных выше растворов, разбавленных и особенно концентрированных потребовало применения различных методов определений.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТЕЙ ИССЛЕДОВАННЫХ РАСТВОРОВ

Вязкость исследованных растворов в пределах до 50% концентрации проводилась в вискозиметре Убеллоде.

Испытуемый раствор вводился в вискозиметр пипеткой так, чтобы жидкость заполнила половину обоих резервуаров вискозиметра. Вискозиметр с испытываемым раствором погружался для установления постоянной температуры в водяную баню, где выдерживался 30 минут. Жидкость в вискозиметре подвергалась давлению, при этом секундомер определялось время, в течение которого уровень жидкости от верхней черты резервуара доходит до нижней. За стандартную жидкость взят 20% раствор сахарозы. Расчет вязкости производился по следующей формуле:

$$\eta_1 = \eta \frac{P_1 T_1}{P T}$$

где:

η — вязкость стандартной жидкости в пуазах.

T — время истечения стандартной жидкости в секундах,

P — давление, при котором велось определение в мм. рт. ст.,

T_1 — время истечения испытуемого раствора в секундах,

P_1 — давление, при котором велось определение в мм. рт. ст.,

η_1 — вязкость испытуемого раствора в пуазах.

Определение вязкости исследуемых растворов высокой концентрации проведено методом, основанным на определении скорости падения твердого шарика в вязкой жидкости.

Основной частью вискозиметра является стеклянная трубка, которая наполняется испытуемой жидкостью. Трубка вставлена во вторую трубку большего диаметра, которая служит ванной для обогрева трубки вискозиметра. Диаметры трубок вискозиметра от 2,75 см—3,5 см, длина трубки 50 см. На трубках вискозиметра имелись круговые метки, указывающие начало и конец расстояния, в пределах которого следовало учитывать падение шарика.

Высота столба, в пределах которого измерялось падение шарика, 30—35 см.

Вискозиметр помещался в электрическом термостате. Регулируя нагрев термостата, опыты производились при различных температурах. Шарика для опытов применялись стальные. Радиус

шарика от 0,05 см. до 0,125 см. Шарики вводились в трубку в осевом направлении. Время падения шарика отсчитывалось секундомером. В основу расчета принята формула Стокса:

$$\frac{4}{3} \pi r^3 (\sigma' - \sigma) g = 6\pi\eta r v \quad \text{или} \quad \eta = \frac{2}{9} \left(\frac{\sigma' - \sigma}{v} \right) g r^2$$

где:

- σ' — плотность шарика,
- σ — плотность испытуемой жидкости,
- g — ускорение силы тяжести в см/сек²,
- v — постоянная скорость в см/сек.,
- r — радиус шарика в см.

Формула Стокса дает правильные результаты при следующих условиях:

1. Неподвижность жидкости.
2. Медленность движения шарика.
3. Шарик должен быть твердый.
4. Среда безгранична.

Условие 4 трудно выполнимо, так как в практике мы имеем дело только с ограниченными количествами жидкостей, заключенными в какой-либо сосуд, и, следовательно необходимо учитывать то влияние, которое оказывают стенки сосуда на движение шарика.

Для случаев, когда вязкая жидкость заключена внутри круглого цилиндра, ограниченного двумя плоскостями, перпендикулярными его оси, вдоль которой падает шарик, Ладенбург¹⁾ на основе проведенных им исследований внес поправку в формулу Стокса. Формула Стокса с поправкой Ладенбурга имеет следующий вид:

$$\eta = \frac{2}{9} g r^2 \frac{(\sigma' - \sigma)}{v} \frac{1}{1 + 2,4 \frac{r}{R}} \cdot \frac{1}{1 + P \frac{r}{H}}$$

где:

R — радиус цилиндра в см.

H — высота » в см.

P — коэффициент зависящий от того, между какими высотами определялось падение шарика. В наших определениях принималось 3,3—3,5. Остальные обозначения те же, как в приведенной выше формуле.

¹⁾ Ladenburg, Ann. d. Physik, 23 p — 447, 1907 г.

Ниже приведены данные исследования вязкости разбавленных растворов левулезы, декстрозы, мальтозы, инвертного сахара и карамели при $T=20, 25$ и 30° . Вязкость разбавленных растворов сахарозы, определявшаяся многими исследователями, нами не определялась.

Таблица 1

Вязкость растворов левулезы в воде в сантипуазах ¹⁾

Концентрация в %	$T=20^\circ$	$T=25^\circ$	$T=30^\circ$
10	1.36	1.18	1.06
20	1.90	1.69	1.41
30	2.89	2.48	2.08
40	4.82	4.03	3.37
50	10.78	9.18	7.12

¹⁾ Все сахара, взятые для исследования химически чистые.

Вязкость растворов левулезы в зависимости от концентрации при $t=20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$.

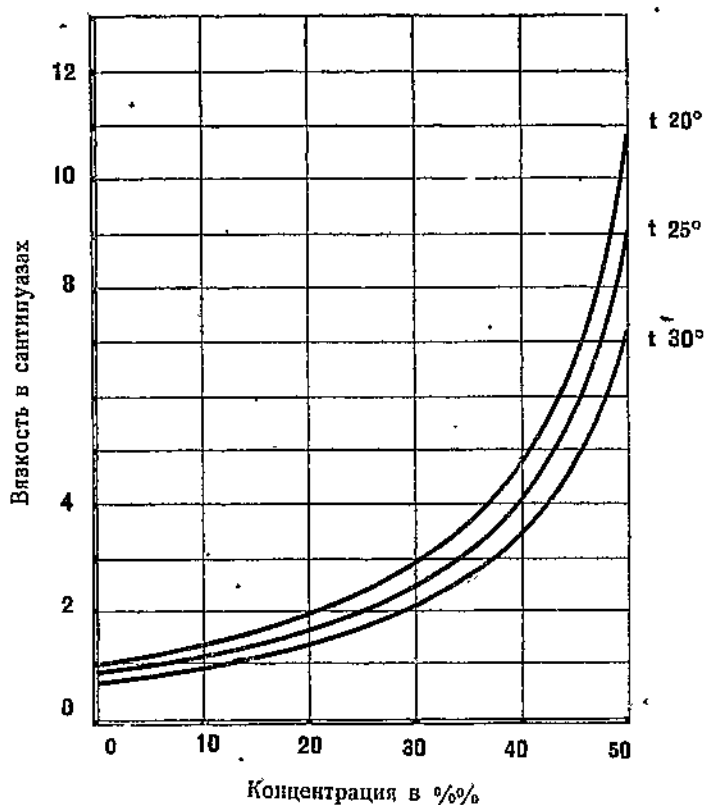


Таблица II

Вязкость растворов декстрозы в воде в сантипуазах

Концентрация в %	T—20°	T—25°	T—30°
10	1.38	1.21	1.08
20	1.91	1.70	1.43
30	2.93	2.50	2.19
40	5.25	4.33	3.71
50	12.38	10.24	7.80

Вязкость растворов декстрозы в зависимости от концентрации при t—20°, 25°, 30°.

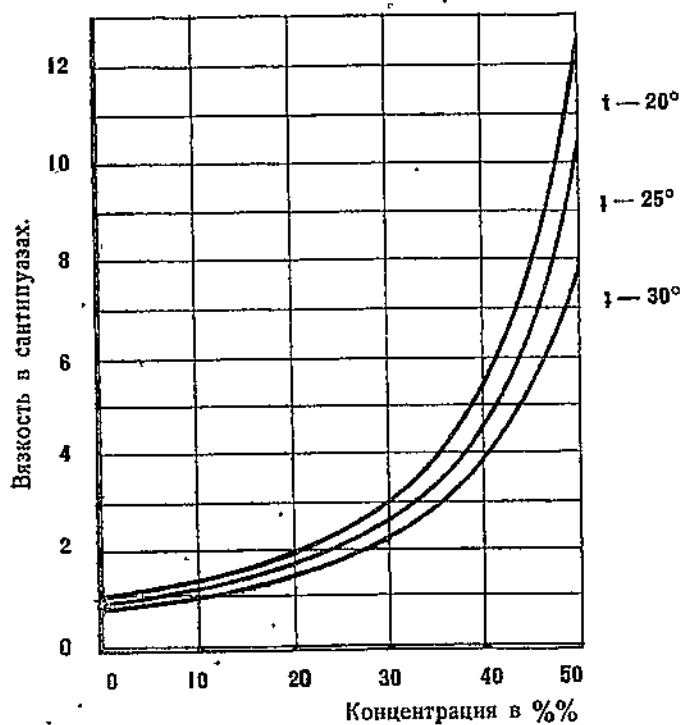


Таблица III

Вязкость растворов мальтозы в воде в сантипуазах

Концентрация в %	T—20°	T—25°	T—30°
10	1.40	1.20	1.11
20	1.92	1.70	1.50
30	3.06	2.67	2.34
40	5.96	5.23	4.18
50	14.97	11.66	9.04

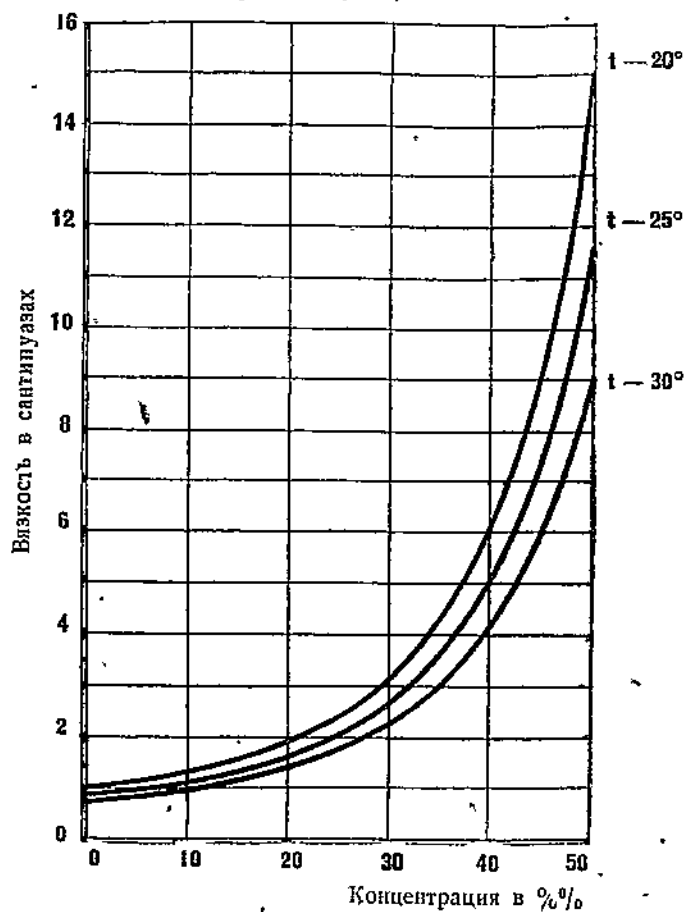
Вязкость растворов мальтозы в зависимости от концентрации при t—20°, 25°, 30°.

Таблица IV

Вязкость растворов инверта в воде в сантипуазах

Концентрация в %	T—20°	T—25°	T—30°
10	1.37	—	—
20	1.95	1.68	1.50
30	2.91	2.50	2.16
40	5.12	4.35	3.05
50	11.62	8.56	7.63

Вязкость растворов инверта в зависимости от концентрации при t—20°, 25°, 30°.

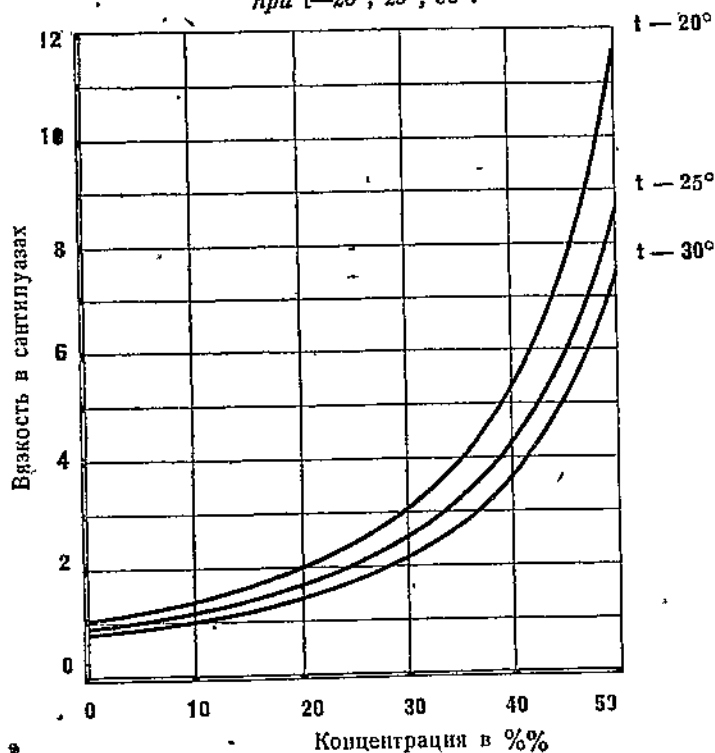


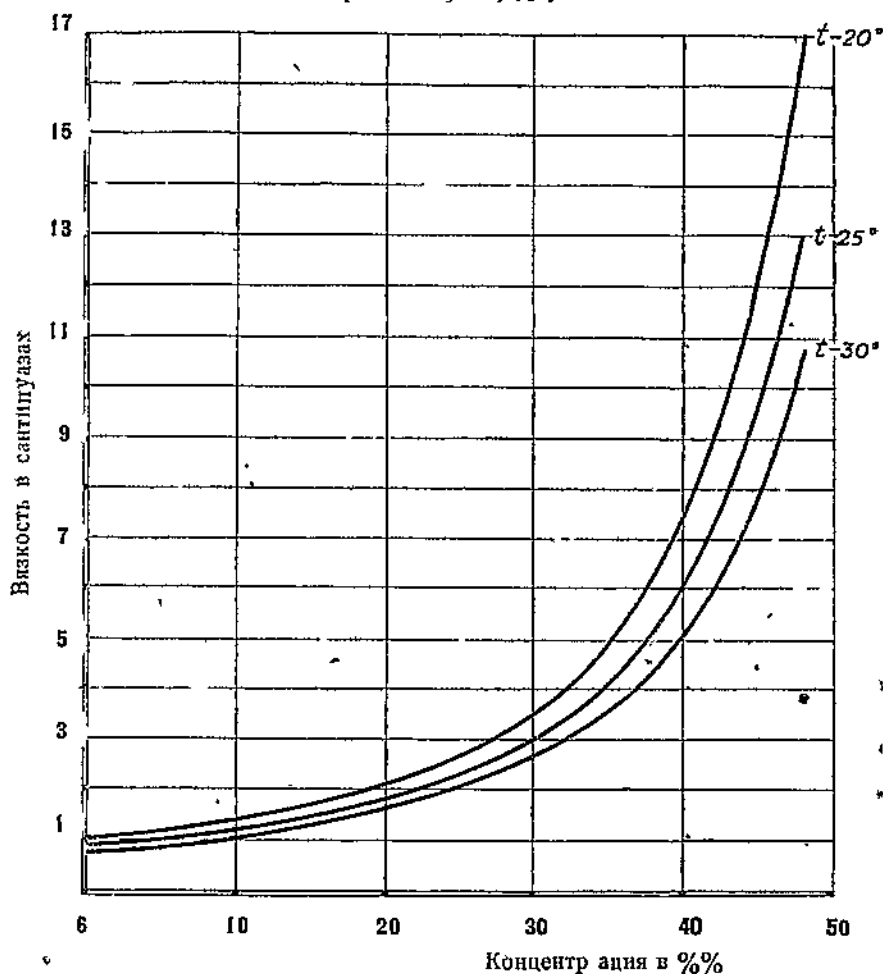
Таблица V

Вязкость растворов карамели в воде в сантипуазах

Концентрация в %	T—20°	T—25°	T—30°
9.62	1.41	1.30	1.14
19.23	2.07	1.80	1.60
28.84	3.26	2.88	2.44
38.46	6.50	5.46	4.57
48.07	16.80	12.84	10.72

Карамель приготовлена по нормальной рецептуре: 100 частей сахара + 50 частей патоки.

Вязкость растворов карамели в зависимости от концентрации при t—20°, 25°, 30°.



ВЯЗКОСТЬ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ САХАРОВ И КАРАМЕЛИ

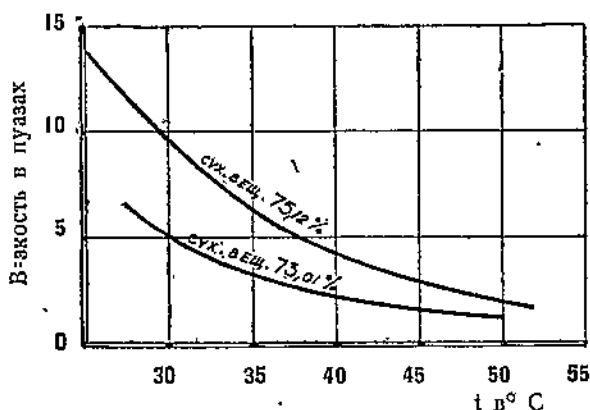
Таблица VI

Вязкость растворов сахара

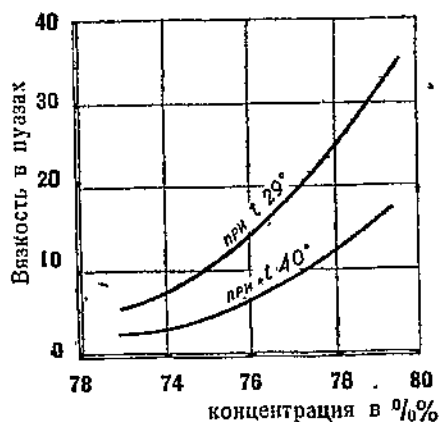
Концентрация	Температура	Вязкость в пуазах
73,01	27,4	6,71
73,01	29,8	5,12
73,01	31,4	4,84
73,01	40,6	2,27
73,01	45,2	1,74
73,01	50,1	1,21
75,12	25,7	13,58
75,12	29,2	9,82
75,12	31,4	8,64
75,12	40,1	3,9
75,12	45,2	2,98
75,12	52,0	1,67
79,47	27,0	45,04
79,47	28,0	41,70
79,47	29,1	35,54
79,47	34,8	27,2
79,47	40,2	18,3

На основе полученных данных составлены кривые зависимости вязкости от концентрации при $T\ 29^\circ$ и 40° и вязкости от температуры.

Изменение вязкости растворов чистого сахара в зависимости
от температуры.



Изменение вязкости чистого сахара в зависимости от концентрации



ВЯЗКОСТЬ ПАТОК

Исследована вязкость патоки с различным содержанием сухих веществ при различных температурах.

Патока № 1

Таблица VII

Анализ: сухих веществ—80,03% удельный вес при 20°—1,4045; РН—4,7
содержание редуцир. веществ—38,04%.

Температура	Удельный вес	Вязкость в пуазах
100	1,3693	1,217
70	1,3872	3,73
50	1,3962	14,80
20	1,4045	225,52

Патока № 2

Анализ: Содержание сухих веществ—80,75%; удельный вес при 20°—1,4152; РН—4,8; редуц. веществ—39,4%.

Температура	Удельный вес	Вязкость в пуазах
70	1,3975	5,24
50	1,4085	17,46
20	1,4152	376,43

Приведенные данные указывают на значительное изменение вязкости от температуры. На основе полученных результатов составлена кривая изменений вязкости от температуры для патоки № 1.

Вязкость патоки, как видно из приведенных ниже данных и кривой, сильно возрастает с повышением концентрации.

Анализ патоки: сух. вещ.—78,22%; уд. в. при 20° — 1,4105; PH—5,20
 редуц. вещ. 38,97%.

Сухих веществ

78,22

75,94

73,79

Вязкость в пуазах

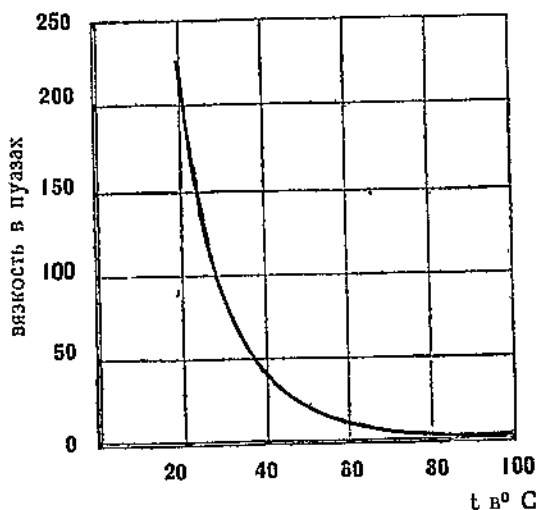
705

309

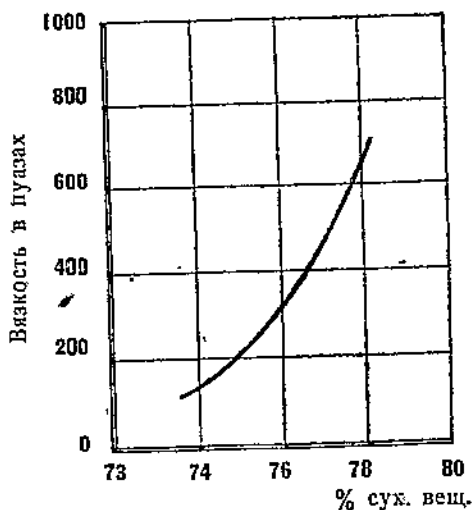
121

Влияние: состава патоки на вязкость в проведенных нами
 опытах определить не удалось.

Изменение вязкости патоки в зависимости от температуры



Вязкость патоки в зависимости от содержания сухих веществ



ВЯЗКОСТЬ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ИНВЕРТНОГО САХАРА

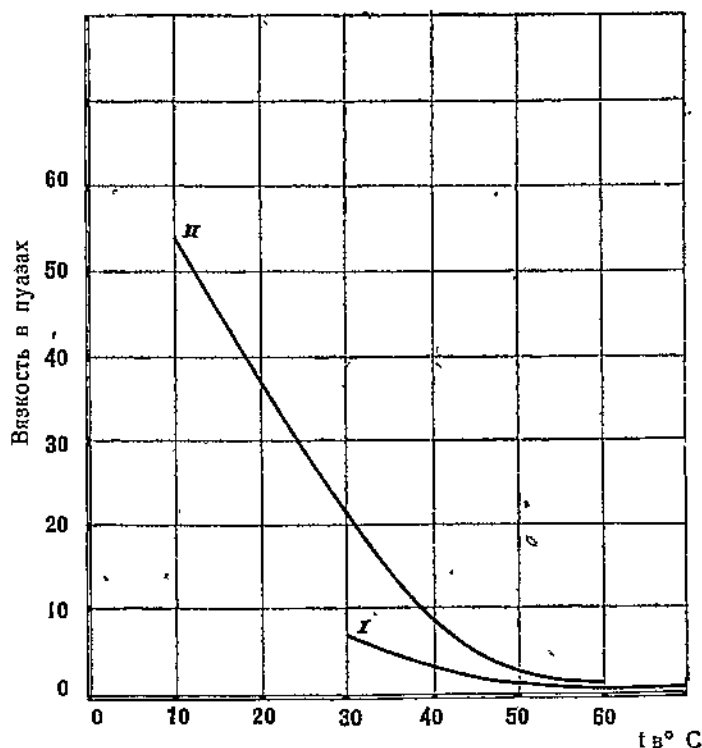
Таблица VIII

Для определения вязкости применялся инвертный сахар, приготовленный инверсией сахарозы.

Анализ инверта I		Анализ инверта II	
Содержание сухих веществ 74%; редуц. веществ 73,65%		Сухих веществ 79,84%; редуц. веществ 79,85%	
Температура в °C	Вязкость в пуазах	Температура в °C	Вязкость в пуазах
30	6,68	10,1	53,44
40,2	3,042	30,7	20,76
50	1,400	45,1	4,309
70,5	0,599	60	1,45

На основе проведенных измерений вязкости инвертного сахара составлены кривые изменения вязкости инверта от температуры

Изменение вязкости инверта в зависимости от температуры



ВЯЗКОСТЬ КАРАМЕЛЬНЫХ СИРОПОВ

Готовились карамельные сиропы на патоке и инвертном сахаре различной концентрации. В приготовленных сиропах определялась вязкость при различной температуре.

Карамельные сиропы на патоке готовились по нормальной рецептуре: 100 гр. сахара, 50 гр. патоки.

Карамельные сиропы, на инвертном сахаре готовились по рецептуре: 80% сахара, 20% инвертного сахара.

Таблица IX

*Вязкость карамельных сиропов на патоке
Сироп уварен до 90°; сухих веществ 70,0%.*

Температура в °C	Удельный вес	Вязкость в пуазах
90	1,3208	0,35
70	1,3270	0,72
50,1	1,3343	1,84
35,2	1,3477	3,4
20	1,3603	8,9

Сироп уварен до 105°; сухих веществ 80,66%

Температура в °C	Удельный вес	Вязкость в пуазах
105	1,3841	1,12
60	1,4011	0,2
45,1	1,4082	17,8
35,0	1,4153	63,8
20,0	1,4223	174,48

Сироп уварен до 110°; сухих веществ 85,41%

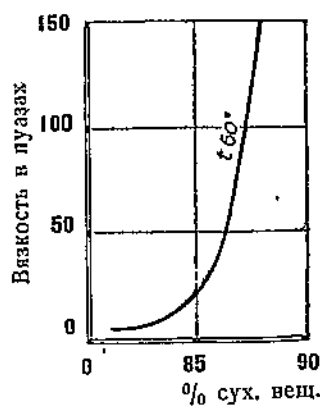
Температура в °C	Удельный вес	Вязкость в пуазах
110	1,3391	1,34
101	1,4045	1,80
90,1	1,4107	3,42
80,2	1,4160	5,17
70,6	1,4197	11,49
43,0	1,4346	117,29
60,7	1,4224	22,79
29,5	1,4371	974,89

Сироп уварен до 113°; сухих веществ 87,81%

Температура в °C	Удельный вес	Вязкость в пуазах
113	1,4173	2,03
110	1,4196	2,56
99	1,4271	5,50
87,7	1,4336	10,52
77,8	1,4425	19,79
60,3	1,4499	152,16
52,0	1,4532	367,9
44,2	1,4552	1232,9
35,5	1,4586	2946,68

На основе полученных данных по вязкости карамельных сиропов приготовленных на патоке составлены кривые зависимости вязкости от температуры и концентрации.

Изменение вязкости сиропа на патоке в зависимости от содержания сухих веществ



Изменение вязкости сиропов на патоке в зависимости от температуры

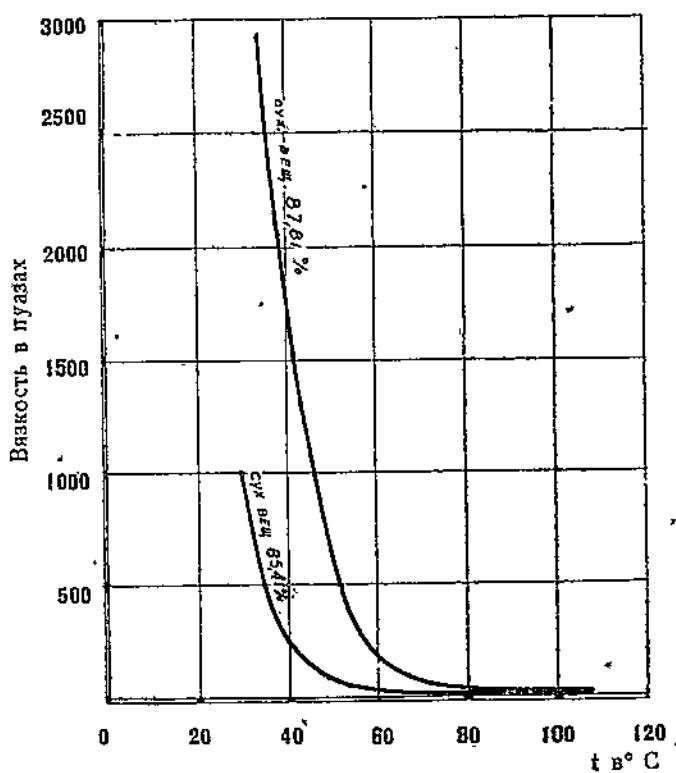


Таблица X

Вязкость карамельных сиропов, приготовленных на инвертном сахаре

Сироп I

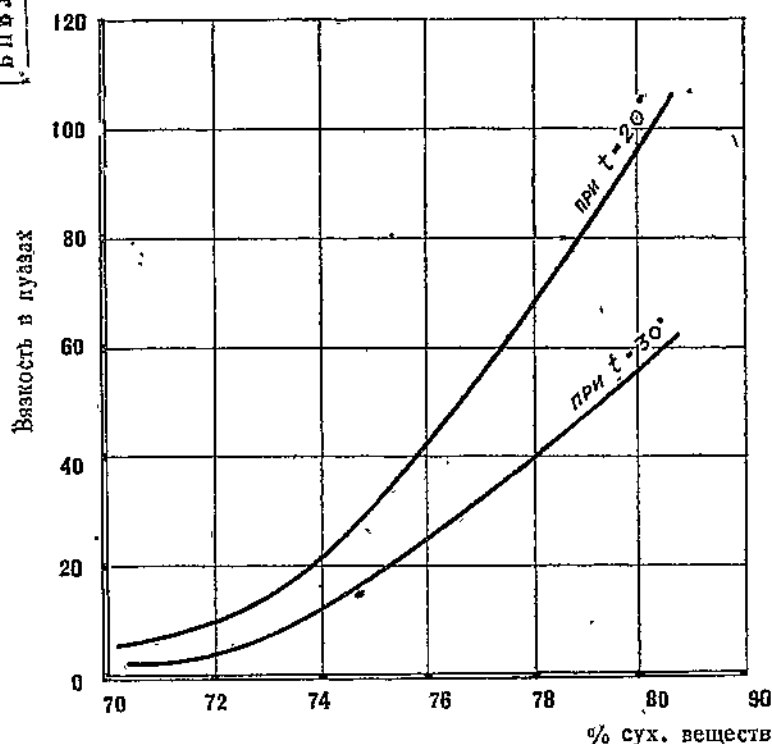
Сироп II

Сироп III

Сухих веществ 80,50%; редуц. веществ 16,63%		Сухих веществ 73,50%; редуц. веществ 18,74%		Сухих веществ 70,20%; редуц. веществ 18,84%	
Темпера- тура	Вязкость в пуазах	Темпера- тура	Вязкость в пуазах	Темпера- тура	Вязкость в пуазах
61,5	3,66	61,5	1,04	62	0,345
30	61,53	30,3	10,21	30	2,02
20	107,68	20,2	17,84	20,1	4,48

По полученным данным составлена кривая зависимости вязкости инвертного сахара с приближенно одинаковым содержанием редуцирующих веществ.

Вязкость сиропов на инверте в зависимости от содержания сухих веществ при различных температурах.



*Вязкость карамельной массы,
приготовленной на патоке и на инвертном сахаре*

Карамельная масса готовилась увариванием нормального сиропа в стеклянной колбе под разрежением в 550—650 мм.

Вязкость карамельной массы на патоке

Анализ карамельной массы	I	II	III	IV	V
Сухих веществ	98,92	97,36	96,92	96,30	96,02
Удельный вес	1,5399	1,5272	1,5106	1,5112	1,4972
Вязкость в пузах при 125°C	181,88	120,90	78,94	74,23	71,46

Вязкость карамельной массы на инверте

Карамельная масса	Сухих веществ	Инвертный сахар	Темпера- тура опыта	Вязкость в пузах
№ 1	96,86	22,5	125,5	87,77
№ 2	96,76	32,9	125,5	11,42

Значительное уменьшение вязкости карамельной массы № 2 по сравнению с карамельной массой № 1 объясняется большим количеством инвертного сахара в карамельной массе № 2.

ВЫВОДЫ

1. Определена вязкость разбавленных растворов мальтозы, декстрозы, левулезы, инвертного сахара и карамели при температуре 20°, 25° и 30° в вискозиметре Убеллоде.

2. Определена вязкость концентрированных сахарных и карамельных сиропов, патоки, инвертного сахара, карамельной массы, приготовленной на патоке и на инвертном сахаре, при различных температурах методом падающего шарика по формуле Стокса.

3. Из исследованных разбавленных растворов наибольшую вязкость имеют растворы карамели, приготовленные на патоке, а наиболее низкую—растворы левулезы и инвертного сахара. Повышенная вязкость растворов карамели объясняется присутствием в патоке декстринов, увеличивающих вязкость карамельных сиропов.

4. Вязкость всех исследованных разбавленных растворов увеличивается с ростом концентрации растворов и понижается с увеличением температуры растворов. В пределах концентрации от 40—50% вязкость во всех исследованных растворах быстро повышается.

5. Вязкость исследованных высококонцентрированных растворов значительно возрастает с увеличением концентрации и уменьшается при повышении температуры.

6. Из исследованных высококонцентрированных растворов сахарозы, патоки и инвертного сахара наибольшую вязкость (при одинаковой концентрации и температуре) имеют паточные растворы, а наименьшую растворы инвертного сахара.

7. Вязкость карамельных сиропов приготовленных на патоке значительно выше вязкости карамельных сиропов приготовленных на инвертном сахаре. Повышенная вязкость карамельных сиропов приготовленных на патоке объясняется как присутствием декстринов в патоке, так и различным составом редуцирующих веществ в сиропах, приготовленных на патоке и на инвертном сахаре. Редуцирующие вещества сиропов приготовленных на патоке состоят из мальтозы и декстрозы, а редуцирующие вещества сиропов приготовленных на инвертном сахаре состоят из декстрозы и левулезы. Растворы мальтозы, как видно из полученных нами данных, обладают вязкостью большей, чем растворы левулезы.

8. Вязкость карамельной массы определена при высокой температуре (125°), так как при понижении температуры карамельная масса переходит из жидкого в твердое аморфное состояние. Вязкость карамельной массы приготовленной на патоке выше вязкости карамельной массы приготовленной на инвертном сахаре, что также объясняется причинами указанными в предыдущем пункте.

9. Полученные результаты дают характеристику вязкости встречающимся в карамельном производстве растворам и могут быть использованы не только для расчетов аппаратуры, но и для контроля производства.

10. На основе полученных данных составлены кривые характеризующие вязкости всех исследованных растворов и зависимость вязкости этих растворов от концентрации и температуры.

Кандидат технических наук
Старший лаборант

Соколовский А. Л.
Гаврилова В. А.

Гигроскопичность сахаров карамели

Выбор нормальных условий хранения для готовых кондитерских изделий и особенно для карамели является одним из наиболее важных факторов, влияющих на качество карамели в процессе ее перевозки и хранения.

Карамель, как известно, представляет собой высококонцентрированный раствор сахарозы в присутствии патоки или инвертного сахара.

Если карамель приготовлена из сахарозы и патоки, то в ее составе находим: сахарозу, мальтозу, декстрозу, декстрин и незначительное количество левулезы. Последняя появляется в карамели за счет инверсии сахарозы в процессе приготовления карамели.

Карамель, приготовленная из сахарозы и инвертного сахара, имеет в своем составе сахарозу, декстрозу и левулезу. Карамель как приготовленная на инвертном сахаре, так и на патоке содержит кроме того некоторое количество продуктов распада сахаров, получающихся в процессе приготовления карамельной массы благодаря высокой температуре имеющей место в процессе приготовления карамельной массы.

Карамель, особенно незавернутая, при хранении в помещении с высокой относительной влажностью очень быстро поглощает влагу из окружающего воздуха, становится липкой и мокнет. Дальнейшее хранение карамели в этих условиях ведет к изменению физического состояния карамели, которая из твердого аморфного состояния переходит в жидкое. Указанное совершенно очевидно подтверждает целесообразность исследования условий гигроскопичности карамели и ее составных частей. В настоящей работе нами исследована гигроскопичность сахарозы, мальтозы, декстрозы, левулезы и готовой карамели, при различной относительной влажности окружающего воздуха.

УСЛОВИЯ ГИГРОСКОПИЧНОСТИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ

Вопросы гигроскопичности твердых растворимых веществ исследовались рядом авторов. Большинство исследований по вопросам гигроскопичности относится к изучению гигроскопичности электролитов¹. Гигроскопичность неэлектролитов, к которым относятся исследуемые в настоящей работе вещества, проведены также рядом исследователей.

Brown²) исследовал гигроскопичность различных углеводов (безводных) при относительной влажности 60% и 100%.

Whitter and Gould³) исследовали условия равновесия упругости паров насыщенных водных растворов ряда сахаров и на основании этого исследования определили критическую точку гигроскопичности этих сахаров.

Dittmor⁴) в своей статье обращает внимание на влияние даже незначительного количества инвертного сахара 0,1—0,2% присутствующего в сахарозе на скорость поглощения влаги по сравнению с чистой сахарозой. Автор отмечает также существование критического момента, когда все кристаллические сахара начинают растворяться. Этот момент наступает при поглощении сахарами около 15% влаги.

Как известно, твердые растворимые в воде вещества, к которым относятся и исследуемые продукты, при соприкосновении с воздухом обладают способностью поглощать на поверхности из окружающего воздуха влагу, при этом на поверхности вещества образуется мономолекулярный слой насыщенного раствора данного вещества.

Поглощение влаги из окружающего воздуха ведет к образованию гидрата (если вещество имеет гидратную форму), а при дальнейшем поглощении влаги начинается быстрый переход кристаллов в раствор, и исследуемое вещество переходит из твердого в жидкое состояние. Если исследуемое твердое вещество не образует кристаллического гидрата, то поглощение влаги из окружающего воздуха ведет к образованию насыщенного раствора исследуемого вещества и переходу из кристаллического в жидкое состояние.

Гигроскопичность твердых растворимых в воде веществ характеризуется упругостью пара насыщенного водного раствора исследуемого вещества. Рауль на основе проведенных им исследований сделал вывод, что упругость пара насыщенных водных

¹ Craham Edgar and Swan, Amer. Chem. Soc. 44, 570, 1922 г.

² Brown, Industr. and Eng. Chemistry, 21, 305, 1929 г.

³ Whitter and Gould, Ind. and Eng. Chem., 22, 1, 78, 1930 г.

⁴ Dittmor, Indust. and Eng. Chem., 27, 3, 1935 г.

растворов твердых растворимых веществ всегда ниже упругости пара чистого растворителя воды. Условия, при которых твердое вещество будет поглощать или терять влагу из окружающего воздуха, могут быть сформулированы следующим образом:

Твердое растворимое вещество будет поглощать влагу из окружающего воздуха, если давление пара насыщенного водного раствора исследуемого твердого вещества ниже парциального давления водяных паров окружающего воздуха.

Поглощение влаги будет продолжаться до насыщения, которое наступит при равновесии между давлением пара насыщенного раствора исследуемого вещества и парциальным давлением паров воды окружающей атмосферы. Если давление пара насыщенного водного раствора исследуемого вещества выше парциального давления водяных паров окружающего воздуха, то исследуемое вещество будет терять влагу.

Твердое безводное вещество при этих условиях практически не будет поглощать влаги из окружающего воздуха, если пренебречь моментом чисто поверхностной сорбции, которая происходит и при более высокой упругости пара насыщенного раствора по сравнению с упругостью водяных паров воздуха, но количество влаги, притягиваемой на поверхности из-за явлений сорбции, практического значения не имеет.

Скорость поглощения влаги исследуемым твердым веществом будет в зависимости от разности в упругости паров насыщенного водного раствора данного вещества и упругости водяных паров окружающего воздуха тем интенсивнее, чем больше эта разность.

Поглощение влаги из атмосферы в этих условиях должно продолжаться до наступления равновесия при данной температуре между упругостями паров насыщенного раствора и окружающего воздуха.

На практике мы встречаемся с явлением, когда процесс образования насыщенного раствора данного вещества и наступление равновесия между давлением паров насыщенного раствора и водяных паров окружающего воздуха длится более или менее продолжительное время. Это явление можно объяснить большей вязкостью концентрированных сахарных растворов, что задерживает диффузию между разными слоями.

Наступление равновесия может быть ускорено механическим воздействием на исследуемое вещество (перемешивание, быстрое движение воздуха и т. д.).

Так как упругость паров насыщенного раствора твердых растворимых веществ определяет свойства гигроскопичности данного твердого вещества, то исследованием упругости паров насыщенных растворов различных твердых растворимых веществ можно определить критическую точку гигроскопичности твердого вещества выраженную в % относительной влажности для данной температуры.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для исследования взяты: сахароза (безводная), мальтоза (гидрат), левулеза (безводная), декстроза (безводная), карамель (карамель готовилась по нормальной рецептуре 100 гр. сахара + 40 гр. патоки на сухое вещество) и карамель приготовленная на патоке с добавлением декстрозы, левулезы и мальтозы. Начальная влажность карамели не выше 1,5%.

Гигроскопичность исследованных веществ определялась при различной относительной влажности окружающего воздуха: 43%, 62,7%, 81,8% и 98,8%! Все опыты проведены при 25° и продолжались от 30 до 75 дней.

Различная относительная влажность окружающего воздуха достигалась приготовлением насыщенных растворов различных солей, которые, как известно, поддерживают в закрытом сосуде постоянную относительную влажность.

Adams и Merz¹ в своей работе приводят данные об упругости паров и относительной влажности воздуха в равновесии с насыщенными растворами солей, помещенными в закрытых сосудах.

Таблица I

Упругость пара и влажность воздуха в равновесии с насыщенными растворами солей

Вещество	Упругость пара насыщенного раствора в мм рт. ст. при			Относительная влажность воздуха в равновесии с насыщенным раствором при		
	20°	25°	30°	20°	25°	30°
NH ₄ NO ₃	11,74	14,94	18,93	66,9	62,7	59,4
NaCl	18,63	18,01	23,96	77,6	75,5	75,2
NaNO ₃	13,58	47,73	23,07	77,1	74,4	72,4
NH ₄ Cl	13,92	18,12	24,61	79,3	76,0	77,2
(NH ₄) ₂ SO ₄	14,22	19,50	25,22	81,0	81,8	79,2
KCl	15,04	19,89	26,75	85,7	84,4	84,0
K ₂ HPO ₄	16,89	22,76	29,60	96,2	95,4	92,9
K ₂ SO ₄	17,30	23,56	30,68	98,5	98,8	96,8
K ₂ CO ₃ ·2H ₂ O	—	—	—	44,0	48,0	42,2

¹ Adams and Merz, Industrial and Eng. Chem., 21, 309, 1929 г.

Для наших опытов применялись насыщенные растворы солей: $K_2CO_3 \cdot 2H_2O$ при 25° соответствует 43% относительной влажности воздуха, NH_4NO_3 — 62,7% относительной влажности воздуха, $(NH_4)_2SO_4$ — 81,8% относительной влажности воздуха и K_2SO_4 — 98,8% относительной влажности воздуха.

Насыщенные растворы указанных солей наливались в эксикатор с плотно закрываемой крышкой. Исследуемые вещества весом в один грамм помещались в бюксы и ставились в эксикаторы над насыщенными растворами.

Эксикаторы во время опыта находились в термостате при постоянной температуре $25^\circ C$.

Бюксы с исследуемыми веществами взвешивались через определенные промежутки времени, и по разности веса и исследуемой навеске определялось поглощение или потеря влаги в %.

Таблица II

Гигроскопичность сахарозы, мальтозы, декстрозы, левулезы и инвертного сахара

Относительная влажность окружающего воздуха 62,7%

Наименование сахара	Продолжительность хранения в днях									
	1 ч.	1	3	6	9	15	25	30	60	76
	Количество поглощаемой влаги в %									
Сахароза				Вес сахара	не	изменялся				
Мальтоза	0,27	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Декстроза	0,02	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Левулеза	0,20	1,14	3,23	4,78	6,92	9,40	—	10,77	18,35 ¹	—
Инвертный сахар . . .	0,08	2,41	9,64	13,92	15,49	16,33	16,97 ²	—	—	—

1. Кристаллы левулезы начали переходить в жидкое состояние.

2. Инвертный сахар переходит из твердого кристаллического состояния в жидкое.

Таблица III

Относительная влажность окружающего воздуха 81,8%

Наименование сахара	Продолжительность хранения в днях									
	1 ч.	1	3	6	9	15	25	30	60	76
	Количество поглощенной влаги в %									
Сахароза			Вес	сахара	озы	не изменился				
Мальтоза	0,43	2,01	2,1	2,21	2,31	2,30	2,80	3,23 ¹⁾	—	—
Декстроза	0,15	0,26	0,35	0,49	0,65	1,17	1,99	2,14	—	—
Левулеза	0,32	4,18	10,22	18,36 ²⁾	27,77	31,64	34,32	35,05	36,32	—
Инвертный сахар	0,28	6,55	16,48 ³⁾	23,04	27,17	31,58	34,59	—	—	—

¹⁾ Мальтоза заплесневела.²⁾ Кристаллы левулезы перешли в жидкое состояние.³⁾ Инвертный сахар перешел в жидкое состояние.

Таблица IV

Относительная влажность окружающего воздуха 98,8%

Наименование сахара	Продолжительность хранения в днях								
	1 ч.	1	3	6	9	15	25	30	60
	Количество поглощенной влаги в %								
Сахароза ¹⁾ . . .	0,08	2,26	4,07	13,73	22,50	34,05	43,42	46,01	—
Мальтоза ²⁾ . . .	0,65	5,41	8,30	11,76	15,28	—	—	—	—
Декстроза ³⁾ . . .	0,14	1,80	8,09	18,56	27,20	36,36	44,95	49,40	—
Левулеза ⁴⁾ . . .	0,40	9,32	24,56	35,26	41,67	47,21	53,72	—	59,14
Инвертный сахар ⁵⁾	0,37	11,23	25,00	35,49	42,24	47,67	53,24	55,38	—

1) Кристаллы сахарозы начали переходить в жидкое состояние, поглотив около 16—18 влаги. При поглощении сахарозой около 36—38% влаги все кристаллы разрушились, образовавшаяся легкоподвижная жидкость покрылась плесенью.

2) Мальтоза, поглотив около 15% влаги, покрылась плесенью.

3) Декстроза, поглотив 15—18% влаги, начала растворяться, а, поглотив около 40% влаги, раствор покрылся плесенью.

4) Поглотив около 15% влаги, начала растворяться. В дальнейшем, поглощая влагу, вся левулеза перешла в раствор.

5) Инвертный сахар, состоявший из равных частей декстрозы и левулезы, поглотив 15% влаги, начал растворяться, образовав раствор.

Полученные результаты разрешают сделать следующие выводы:

Исследованные сахара при хранении в помещении с относительной влажностью окружающего воздуха 43% не гигроскопичны.

При хранении указанных выше сахаров в помещении с относительной влажностью окружающего воздуха 62,7% наибольшую гигроскопичность проявляет инвертный сахар и левулеза, которые после поглощения около 15% влаги (инвертный сахар через 9 дней, а левулеза через 35—40 дней) перешли в жидкое состояние. Мальтоза, поглотив в первый день около 1% влаги, за все время дальнейшего хранения влаги не поглощала. Декстроза поглотила около 0,06% влаги и может быть отнесена к веществам не гигроскопичным при данных условиях. Сахароза за все время хранения влаги не поглотила и может быть отнесена к продуктам не гигроскопичным при данных условиях.

При хранении в условиях относительной влажности окружающего воздуха 81,8% наибольшую гигроскопичность проявляют инвертный сахар и левулеза: первый через 3 дня, а левулеза через 5—6 дней переходят в жидкое состояние. Мальтоза при хранении в этих условиях, хотя и поглощает небольшое количество влаги, 3% в течение 30 дней, но благодаря плесневению портится и, следовательно, не может сохраниться в указанных условиях.

Декстроза проявляет гигроскопические свойства, не теряя во время хранения своего кристаллического состояния. Сахароза в этих условиях не гигроскопична.

При хранении в помещении с относительной влажностью 98,8 все исследованные сахара притягивают значительные количества влаги. Мальтоза очень быстро покрывается плесенью. Сахароза и декстроза, поглотив 40% влаги, покрываются плесенью. Наибольшее количество влаги при хранении в указанных условиях поглощает инвертный сахар и левулеза.

Таблица V

Гигроскопичность карамелей при относительной влажности окружающего воздуха 43%

№ по порядку	Рецептура карамели	Процент влаги поглощенный через----дней								Примечание	
		1	3	5	11	20	32	50	60		75
1	100 гр. сахарозы + 40 гр. патоки .	0,15	0,28	0,34	0,56	0,66	0,87	1,06	1,18	1,20	Началась кристаллизация через 20 дней.
2	100 гр. сахарозы + 35 гр. патоки + 5 гр. декстрозы	0,29	0,35	0,46	0,65	0,75	0,93	1,13	1,14	1,18	Кристаллизация началась через 26 дней.
3	100 гр. сахарозы + 35 гр. патоки + 5 гр. мальтозы	0,21	0,3	0,4	0,67	0,84	0,99	1,37	1,40	1,40	Кристаллизация началась через 20 дней.
4	100 гр. сахарозы + 37,5 гр. патоки + 2,5 гр. леулезы.	0,33	0,34	0,41	0,56	0,66	0,73	0,92	0,97	0,98	Кристаллизация началась через 3 дня.

Относительная влажность окружающего воздуха 62,7%

Продолжение

1	100 гр. сахарозы + 40 гр. патоки.	0,83	2,29	2,35	2,65	3,28	3,61	3,90	4,15	4,82	Началась кристаллизация через 3 дня.
2	100 гр. сахарозы + 85 гр. патоки + 5 гр. декстрозы	0,69	0,94	2,09	2,52	4,04	4,54	4,85	5,00	5,88	Начала кристаллизоваться через 3 дня и течь через 5 дней.
3	100 гр. сахарозы + 35 гр. патоки + 5 гр. мальтозы	0,06	1,73	1,92	2,20	2,83	3,10	3,48	3,61	4,30	Началась кристаллизация через 3 дня и течь через 7 дней.
4	100 гр. сахарозы + 37,5 гр. патоки + 2,5 гр. левулезы	0,66	1,27	1,85	1,75	3,28	3,37	3,78	3,92	4,60	Кристаллизация началась через 3 дня и течь через 11 дней.

Относительная влажность окружающего воздуха 81,8%

1	100 гр. сахарозы + 40 гр. патоки.	2,36	7,20	10,87	15,32	18,45	—	21,93	22,61	—	Во всех исследованных образцах карамели кристаллизация началась через 8—12 часов.
2	100 гр. сахарозы + 35 гр. патоки + 5 гр. декстрозы	1,91	5,56	8,16	11,76	16,01	18,46	20,79	21,81	—	Через 40—50 час. все образцы карамели потекли и через 40 дней начали покрываться плесенью.
3	100 гр. сахарозы + 35 гр. патоки + 5 гр. мальтозы	1,83	4,97	7,24	9,22	12,29	14,34	16,62	18,82	—	
4	100 гр. сахарозы + 37,5 гр. патоки + 2,5 гр. левулезы	1,44	3,83	5,92	8,57	11,83	14,50	15,00	—	—	

ГИГРОСКОПИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАРАМЕЛИ

Для исследования были изготовлены различные образцы карамели отличавшиеся по своей рецептуре.

1. Карамель приготовлена из сахарозы и патоки (100 гр. сахарозы + 40 гр. сух. вещ. патоки)¹.

2. Карамель приготовлена из сахарозы и патоки с добавлением декстрозы (100 гр. сахарозы + 35 гр. сух. вещ. патоки + 5 гр. декстрозы).

3. Карамель приготовлена, из сахарозы и патоки с добавлением мальтозы (100 гр. сахарозы + 35 гр. сух. вещ. патоки + 5 гр. мальтозы).

4. Карамель приготовлена из сахарозы и патоки с добавлением левулезы (100 гр. сахарозы + 37,5 гр. с. в. патоки + 2,5 гр. левулезы).

Все образцы карамели готовились в лабораторных условиях под вакуумом при температуре до 130—135°. Конечное разрежение 740 мм. Начальная влажность всех исследуемых образцов карамели не выше 1,5%. Гигроскопичность карамели определялась при относительных влажностях окружающего воздуха: 43%, 62,7%¹ и 81,8%. Температура 25°.

Полученные результаты указывают, что гигроскопичность карамели значительно больше, чем гигроскопичность сахаров входящих в ее состав. Увеличение гигроскопических свойств карамели в сравнении с ее составными частями может быть объяснено следующими причинами: сахара в процессе приготовления карамельной массы теряют свою кристаллическую форму, переходя при этом в аморфное состояние.

В процессе приготовления карамели часть сахаров благодаря высокой температуре подвергается разложению, эти два фактора очевидно приводят к уменьшению стойкости готовой карамели. Температура кипения карамельной массы также значительно выше, чем температура кипения отдельных ее составных частей, а следовательно упругость паров насыщенного раствора карамели ниже упругости паров насыщенных растворов ее составных частей.

Как видно из полученных данных, карамель при хранении в исследованных нами условиях не только обладает способностью поглощать влагу, но и подвергается засахариванию. Наиболее стойкой к засахариванию при относительной влажности 43% является карамель приготовленная из сахарозы с патокой и из сахарозы с патокой и мальтозой.

Даже при низкой относительной влажности 43% карамель незавернутая является гигроскопичной и через 20 дней засахари-

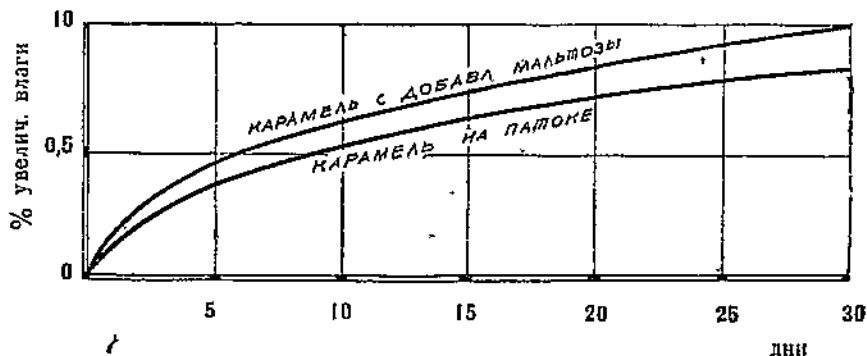
¹ Патока содержала 38% редуцирующих сахаров; РН патоки — 5.

зается, что указывает на необходимость сохранения карамели за-
вернутой во влагонепроницаемую упаковку. Стойкость карамели
увеличивается, если поверхность ее покрыта слоем обладающим
небольшой гигроскопичностью.

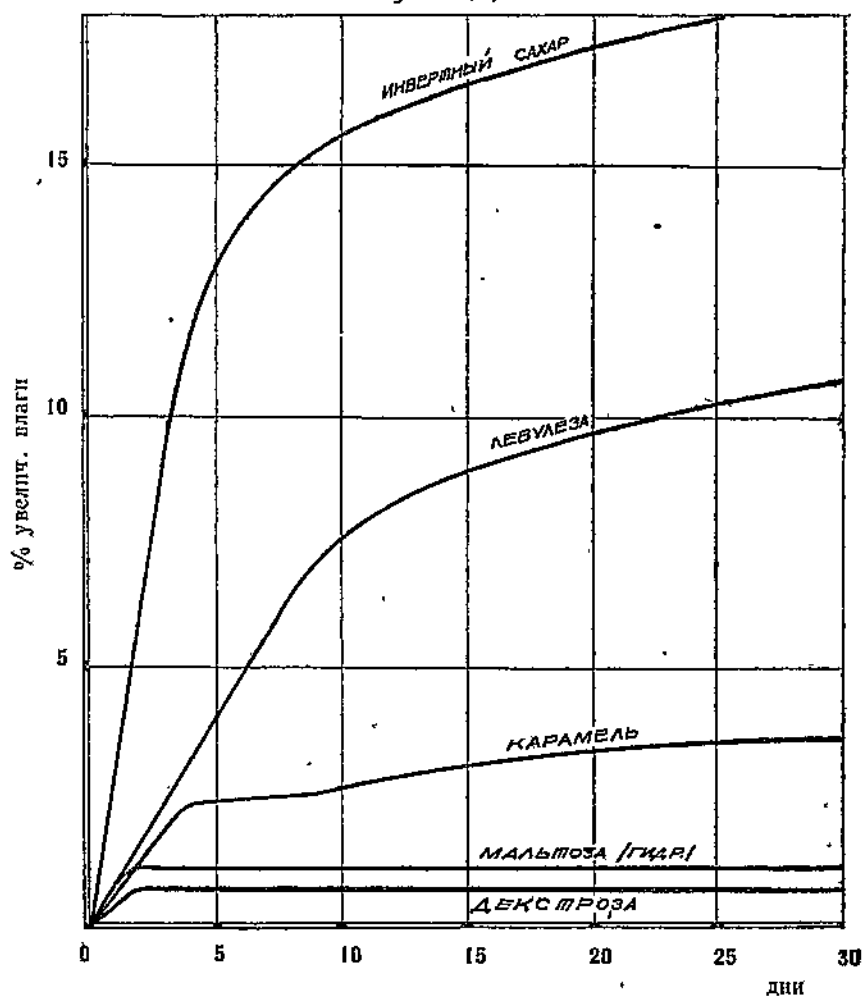
Образцы карамели, хранившиеся в помещении с относительной
влажностью окружающего воздуха 62,7%, начали сахариться че-
рез 3 дня, а образцы приготовленные с добавлением мальтозы,
декстрозы и левулезы начали также течь через 3—11 дней, обра-
зовав наряду с аморфной массой раствор.

При хранении приготовленных образцов в условиях относи-
тельной влажности окружающего воздуха 81,8% вся карамель
через несколько часов засахарилась и начала переходить из твер-
дого аморфного состояния в жидкость. При длительном хране-
нии карамели в этих условиях она покрывается плесенью.

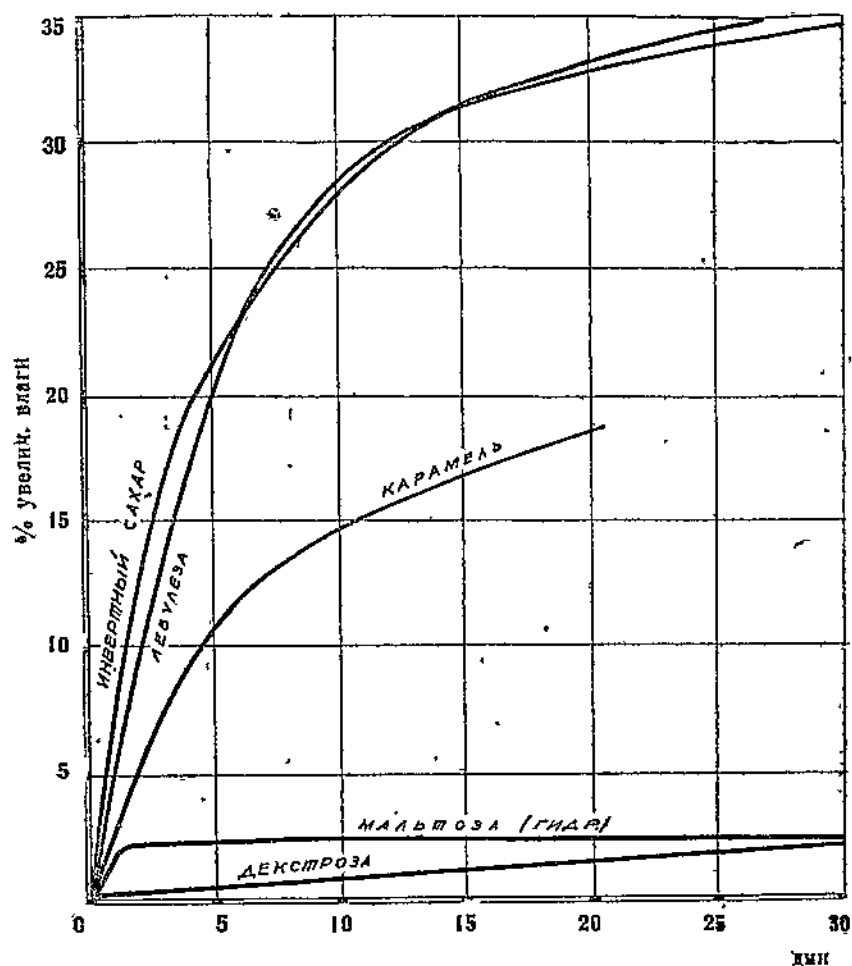
Гигроскопичность карамели при относительной влажности воздуха 43%.

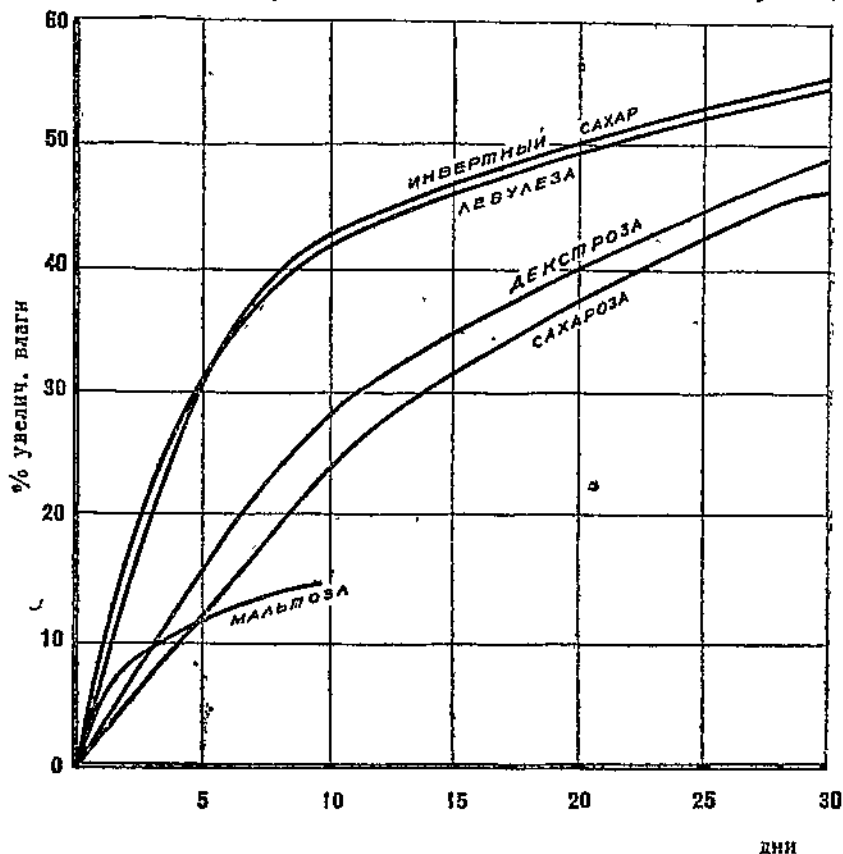


Гигроскопичность сахаров и карамели при относительной влажности воздуха 62,7%.



Гигроскопичность сахаров и карамели при относительной влажности воздуха 81,8%.





ВЫВОДЫ

Гигроскопичность твердых растворимых в воде кристаллов характеризуется упругостью паров насыщенного водного раствора исследуемого вещества.

Твердое кристаллическое вещество поглощает влагу из окружающего воздуха, если упругость пара насыщенного водного раствора данного вещества ниже упругости паров окружающего воздуха.

Если упругость паров насыщенного водного раствора вещества выше упругости паров окружающего воздуха, то твердое вещество не будет поглощать влаги, а насыщенный раствор этого вещества при этих условиях будет терять влагу.

Поглощение или потеря влаги будут продолжаться до наступления равновесия в упругости паров насыщенного водного раствора исследуемого вещества и окружающего воздуха.

1. Наименьшей гигроскопичностью из исследованных сахаров обладает сахароза, не притягивавшая влагу даже при относительной влажности окружающего воздуха 81,8%.

2. Мальтоза и декстроза могут храниться в помещении с относительной влажностью окружающего воздуха до 65%, так как незначительное количество влаги, поглощаемое из окружающего воздуха, не влияет даже при длительном хранении на их качество.

3. Левулеза и инвертный сахар являются наиболее гигроскопичными из исследованных нами сахаров и при хранении в помещении с относительной влажностью окружающего воздуха свыше 60% поглощают быстро влагу и переходят в жидкое состояние.

4. Мальтоза при хранении в помещении с высокой относительной влажностью 81,8%, поглотив около 3% влаги в течение 30 дней покрылась плесенью.

5. При хранении исследованных сахаров в помещении с относительной влажностью окружающего воздуха 98,8% все сахара поглощают быстро значительные количества влаги из окружающего воздуха, при длительном хранении покрываются плесенью.

6. Все сахара, поглотив около 15—18% влаги, переходят из твердого кристаллического состояния в жидкое.

7. Карамель является весьма гигроскопичным продуктом, притягивающим влагу даже при низкой относительной влажности окружающего воздуха.

8. Добавление к карамели мальтозы, декстрозы и левулезы уменьшают ее стойкость. Мальтоза и декстроза способствуют более быстрому засахариванию карамели, что объясняется тенденцией ангидрида декстрозы и мальтозы переходить в гидратную форму за счет влаги поглощенной из окружающего воздуха, а левулеза способствует липкости карамели и уменьшает ее стойкость к намоканию.

9. Для сохранения качества карамели во время хранения в помещениях с различной относительной влажностью окружающего воздуха она должна находиться в упаковке не пропускающей влаги, или поверхность карамели должна быть покрыта слоем с незначительной гигроскопической способностью.

Кандидат технич. наук

Егорова А. М.

Научный руководитель

Соколовский А. Л.

Старший лаборант

Пасхина В. Н.

*Влияние сахаров,
коллоидов и кислот
на кристаллизацию
чистой сахарозы*

Основным сырьем в процессе производства таких кондитерских изделий, как карамель, конфеты, помада, жележный мармелад и других, являются сахара, применяемые обычно в виде пересыщенных растворов сахарозы в присутствии других сахаров (декстрозы, левулезы, мальтозы), или в присутствии пищевых коллоидов (декстрина, пектина, агар-агара, желатины).

Широкое применение в кондитерском производстве пересыщенных растворов сахарозы ставит перед работниками кондитерской промышленности задачу изучения условий сохранения в равновесии пересыщенных растворов и условий кристаллизации, т. е. влияние различных сахаров и коллоидов на кристаллизацию сахарозы из пересыщенных растворов.

В процессе производства таких кондитерских изделий, как карамель и жележный мармелад, представляющих собой пересыщенные растворы сахарозы в присутствии других сахаров (карамель) и пересыщенный раствор сахарозы в присутствии агар-агара (жележный мармелад), мы достигаем сохранения пересыщения этих растворов в аморфном состоянии и наступление кристаллизации сахарозы в этих изделиях значительно ухудшает их качество, являясь результатом неправильного ведения технологического процесса. С другой стороны в процессе приготовления помады, представляющей также пересыщенный раствор сахарозы в присутствии других сахаров, мы получаем кристаллизацию сахаров из пересыщенного раствора, добиваясь при этом получения небольших по своим размерам и однородных кристаллов.

Исследование условий кристаллизации сахарозы из ее пересыщенных растворов при добавлении к этим растворам различных сахаров и пищевых коллоидов представляет таким образом значительный интерес для кондитерской промышленности в направлении улучшения постановки контроля производства и улучшения качества готовых изделий, так и в теоретическом освещении вопросов кристаллизации в условиях кондитерской промышленности.

В настоящей работе проведено исследование процесса кристаллизации в состоянии покоя и движения сахарозы из пересыщенных растворов в присутствии декстрозы, леулезы, мальтозы, инвертного сахара, патоки; некоторых пищевых коллоидов: пектина, декстрина, желатины, агар-агара и двух органических кислот: лимонной и адипиновой.

Процессы кристаллизации широко распространены в различных отраслях промышленности и являются основным методом для получения твердых веществ в чистом виде, в форме кристаллов, которые характеризуются правильным расположением молекул, помещенных в вершинах пространственных решеток. С внешней стороны кристаллы представляют собой правильные многогранники; эта многогранная форма тесно связана с их внутренней структурой.

Во всех случаях возникновение новой твердой фазы является следствием двух последовательных процессов — образования центров кристаллизации и их роста.

Известно, что при малом пересыщении раствора скорость образования кристаллических зародышей практически равна нулю, существование же пересыщенных растворов и переохлаждение жидкостей представляет большой интерес для выяснения причин зарождения кристаллов.

Возможность пересыщения растворов была открыта впервые Ловицом¹ (1785 г.), где им установлены следующие факты: 1) пересыщенный раствор быстро кристаллизуется, если бросить в него кристаллик вещества, содержащегося в растворе, между тем как кристаллики других веществ не оказывают никакого действия. Подобное явление он установил и для переохлажденных жидкостей. 2) Кристаллизация, по его мнению, всегда начинается в отдельных точках жидкости, из которых затем распространяется во все стороны.

Позднее в 1813 г. вопросом кристаллизации занимался Гей-Люссак и по его опытам — доступ воздуха к пересыщенным растворам вызывает их кристаллизацию; он также заметил, что в присутствии воздуха кристаллизация начинается у поверхности жидкости.

Теория Тамманна² (1902 г.), которую он продолжал защищать до последнего времени, основана на предположении, что в каждой жидкости существует два рода молекул: изотропные и анизотропные, и что кристаллы могут образовываться только из последних.

Согласно современным взглядам, началом кристаллизации считается момент образования в пересыщенном растворе так называемых центров кристаллизации, которые, увеличиваясь за счет растворенного вещества, переводят вещество из растворенного состояния в кристаллическое.

¹ Lowitz, Grells, Chem. Ann, 1, 3, 1795. г.

² Тамманн, Z. anorg. Chem, 181, 1929. г.

Вопрос о причинах возникновения центров кристаллизации в пересыщенных растворах до настоящего времени исчерпывающим образом не изучен, но наибольшим распространением пользуется теория Тамманна¹ о так называемом самопроизвольном зарождении кристаллических центров.

По кинетической теории — самопроизвольное возникновение центров кристаллизации в жидкой среде, объясняется явлением ассоциации молекул растворенного вещества.

Согласно этой теории центр кристаллизации возникает тогда, когда некоторое число атомов или молекул твердого вещества, растворенного в пересыщенном растворе — удерживается некоторое время, давая начало образованию кристалла.

Тамманн называет количество зародышей, возникающих в данное время в единице объема переохлажденного раствора — «самопроизвольной силой кристаллизации», причем он установил, что эта сила не постоянна и меняется в зависимости от условий кристаллизации.

Кроме того Тамманн делает предположение, что зародыши достаточно малого размера при появлении должны не расти, а плавиться, т. е. температура плавления, по его взглядам, зависит от их размеров.

Многочисленные опыты, поставленные с целью изучения вопроса об образовании кристаллического зародыша, доказали, что в большинстве случаев кристаллизация вызывается частицами твердого тела, большей частью твердой фазой самого растворенного вещества.

Из новейших экспериментальных исследований вопроса кристаллизации кроме работ Тамманна следует указать на работы проф. Вульфа².

При изучении роста кристаллов Вульф отмечает, что прилегающий к кристаллу слой раствора выделяет растворенное вещество, становится легче остальной массы раствора и всплывает вверх вертикальной струей.

На место удалившегося слоя поступает свежий раствор, который в свою очередь отдает растворенное вещество кристаллу, от этого раствор становится легче и устремляется вверх.

Такой процесс идет непрерывно, над растущим кристаллом образуется непрерывная струйка, происходит перемешивание раствора и тем самым происходит непрерывный рост кристалла. Эти токи называются концентрационными токами, они оказывают большое влияние на форму растущего кристалла. Например, если кристалл растет на дне сосуда, то он может расти лишь в стороны и вверх.

Отсюда следует, что при кристаллизации в покое никогда не могут быть получены кристаллы той формы, какая соответствует их внутренним свойствам, т. е. на форму их влияет одностороннее влияние концентрационных токов.

¹ Tammann, Aggregatzustände, Leipzig, 1923 г.

² Вульф — Кристаллы и их образование, вид и строение, 1926 г.

Изучением вопроса кристаллизации сахаров занимались Гохштетер, Маршаль, Classen, Spengler, Marc, а также Кухаренко, Савинов, Силин и др. По сообщению Любавина¹ вопросом кристаллизации сахарозы занимался Гохштетер (1843 г.), который заметил, что углекислые, сернокислые и хлористые соли щелочей мешают кристаллизации сахара.

Позднее (1871 г.) Маршаль провел большую работу по вопросу кристаллизации сахара и также изучал действие различных солей на кристаллизацию сахара. Он помещал сахарный раствор с различными солями в стеклянные трубки, нагревал их в водяной бане и после кристаллизовал в течение 18—20 дней при t -ре 16—17°, отделял жидкую фазу и анализировал. Он подтвердил, что различные соли оказывают различное действие на явление кристаллизации сахара.

Подобные опыты проводили Classen и Spengler, которые также устанавливали влияние различных солей на кристаллизацию сахарозы.

Из перечисленных работ следует, что вопрос влияния солей на кристаллизацию сахарозы изучен полно, вопрос же изучения действия различных коллоидов и других компонентов на кристаллизацию сахарозы мало исследован.

Марк в своих работах установил, что в явлениях кристаллизации сахарозы значительную роль играет адсорбция.

Из более современных работ по вопросу кристаллизации сахарозы следует указать на работы проф. Кухаренко, Силина, Савинова и др.

Профессор Кухаренко² совместно со своими сотрудниками проводил работы по исследованию начала кристаллизации в растворах чистой сахарозы — путем растирания нескольких капель раствора между предметными стеклами, наблюдая за поведением раствора в микроскопе и отмечая начало кристаллизации. Данный метод нельзя считать точным, так как при определенной степени пересыщения, даже от незначительного потирания стеклами обнаружится моментальное закристаллизовывание раствора.

Помимо этого автором проводились работы по измерению скорости кристаллизации сахарозы, путем наращивания предварительно взвешенных и пронумерованных кристаллов, помещенных в пересыщенный раствор, подвергая перемешиванию мешалкой, делающей 4—6 оборотов в минуту.

В большинстве случаев изучали скорость роста кристаллизации уже зародившегося кристалла; вопрос же изучения образования центров кристаллизации является мало исследованным.

¹ Любавин — Техническая химия.

² Кухаренко — Скорость кристаллизации.

Из проведенных исследований можно сделать вывод, что процесс выкристаллизовывания представляется проходящим в две фазы:

1. Диффузия сахарозы из окружающей среды к грани кристалла через прилегающий к кристаллу неподвижный слой сиропа толщиной $= x$.

2. Переход сахара, продвинувшегося вследствие диффузии до грани кристалла в кристаллическое состояние.

В некоторых случаях, когда наблюдается значительное пересыщение (вязкий раствор), главную роль играет первая фаза процесса кристаллизации.

Noyes, Nernst и др. исследователи учли в своей теории только первую фазу процесса кристаллизации, предполагая, что переход из растворенного состояния в кристаллическое у грани кристалла совершается настолько быстро, что у самой грани кристалла раствор не пересыщен.

По их взглядам, весь процесс кристаллизации сводился бы к диффузии сахара из раствора с концентрацией c (окружающий пересыщенный раствор) через слой толщиной $= x$ к грани, где концентрация $= C$, скорость была бы пропорциональна разности концентраций $\Delta c = C - c$.

Вторую фазу процесса кристаллизации наблюдал в своих работах Марк; он показал, что близ самой грани кристалла имеется еще пересыщенный раствор с концентрацией c_1 , которая больше концентрации насыщения C .

Эта повышенная концентрация (c_1) необходима, чтобы шел процесс превращения растворенного сахара в кристаллический; он идет под влиянием разности концентраций ($c_1 - c$) и скорость его пропорциональна квадрату разности этой концентраций $(c_1 - c)^2$.

Вопросом скорости кристаллизации занимались также Кухаренко, Силин, Савинов и другие. Савинов предлагает объединить в единой теории рассмотрение двух фаз процесса.

Кухаренко¹ в своей работе процесс кристаллизации рассматривает как принудительное перемещение молекул в одном направлении, вследствие этого можно утверждать, что вязкость пересыщенных растворов оказывает известное влияние на скорость кристаллизации.

Так как сахароза принадлежит к числу кристаллических веществ, необходимо отметить, что правильность формы кристаллов зависит от условий, в которых происходит их рост.

Например, кристаллы сахарозы получают различными друг от друга в зависимости от того, находились ли они в период роста в сосуде с пересыщенным сахарным раствором в состоянии покоя или в движении.

Если кристалл в период его роста лежит на дне, то очевидно (как уже указывалось) свободно могут расти только верхняя и

¹ Кухаренко — Материалы к изучению кристаллизации сахарозы, 1926 г.

боковые его грани. Такой кристалл растет неправильно: его боковые грани растут быстрее чем верхняя. Под влиянием концентрационных токов кристалл становится плоским.

Для устранения концентрационных токов Вульф употреблял вращающиеся кристаллизаторы, которые все время вращали кристаллы и ставили тем самым различные его грани в одинаковые условия.

Скорость роста зародышей обычно является определенной, постоянной при данных условиях и легко определяемой из опыта величиной зародыша. Иначе обстоит дело со скоростью образования зародышей, хотя при малом пересыщении она практически равна нулю, но, начиная с определенного значения пересыщения, — резко возрастает.

В своей работе мы поставили целью изучение начала образования центров кристаллизации чистой сахарозы, а также влияния различных сахаров: декстрозы, левулезы, мальтозы, инвертного сахара и патоки, некоторых пищевых коллоидов как-то: пектина, декстрина, агар-агара, желатины, двух органических кислот — лимонной и аспириновой на степень выкристаллизовывания сахара, замедляя кристаллизацию и изменяя форму кристаллов.

Большое значение в этих опытах имеет фактор времени, по истечении которого образуется первый кристалл в пересыщенном сахарном сиропе.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Определение начала кристаллизации сахарозы в состоянии покоя проводилось в изолированном термостате с автоматическим регулятором, при температуре 25°C , где проводились наблюдения за началом образования центров кристаллизации.

Сахарные растворы готовились с различной степенью пересыщения.

Приготовленный раствор помещался в термостат, где он сохранялся до тех пор, пока в нем не наступало состояние равновесия; при этом проводились анализы с начальным раствором, промежуточным и конечным.

Анализы растворов, приготовленных для исследования проводились следующими методами: содержание сухих веществ определяли по удельному весу 20% раствора, расчет производился по таблицам разработанным ЦКНИИ.

Этот же 20% раствор определялся рефрактометрическим методом (рефрактометр Цейсса). Необходимо отметить, что в большинстве случаев данные, полученные рефрактометрическим способом превышают данные, полученные методом удельного веса.

Вязкость испытуемых растворов определялась методом Стокса, (падающих шариков), расчет производился в абсолютных единицах по формуле Стокса с поправкой Ладенбурга:

$$\eta = \frac{2}{9} g r^2 \frac{(\sigma' - \sigma)}{\nu} \cdot \frac{1}{1 + 2,4 \frac{r}{R}} \cdot \frac{1}{1 + P \frac{r}{H}}$$

где:

σ — плотность шарика.

σ' — плотность испытуемой жидкости.

g — ускорение силы тяжести в см/сек.²

ν — постоянная скорость в см/сек.

r — радиус шарика в см.

R — радиус цилиндра в см.

Множитель $\frac{1}{1 + 2,4 \frac{r}{R}}$ зависит от влияния боковых стенок,

второй множитель $\frac{1}{1 + P \cdot \frac{r}{H}}$ представляет собой поправку на

нижнюю и верхнюю поверхность жидкости.

Кроме наблюдений за кристаллизацией чистой сахарозы, проводились эксперименты с целью изучения влияния на кристаллизацию чистой сахарозы различных сахаров, коллоидов и кислот.

Во всех случаях основным являлось установление момента образования кристаллов в состоянии покоя и в движении.

Влияния сахаров на кристаллизацию чистой сахарозы, наблюдалось в растворах с добавлением декстрозы, левулезы, мальтозы, инвертного сахара и патоки в количестве 10—20% от общего количества жидкой фазы, при этом сахара добавлялись вначале растворения сахарозы.

Коллоиды добавлялись в количестве 0,2 0,5 и 1% от общего количества жидкой фазы.

Раствор готовился следующим образом: в колбу на 1 литр загружался сахар и вода (рассчитанное количество для необходимой степени пересыщения), раствор доводился до начала кипения, после чего охлаждался до температуры 25°.

Необходимо отметить особенности приготовления растворов с коллоидами, принимая во внимания их физико-химические свойства, например, при приготовлении раствора с пектином (который плохо растворим в воде), раствор приготавливался следующим образом: пектин расpirался с небольшим количеством воды.

Пектин растворялся в небольшом количестве воды и, полученная густая студенистая масса добавлялась постепенно в сахарный раствор при t -ре 80—90°.

Так как декстрин и крахмал частично теряют свои свойства коллоидов при кипячении, их растворяли предварительно в опре-

определенном количестве воды и добавляли к сахарному раствору при t -ре 50—60°. Желатина и агар-агар также предварительно растворялись в колбе при t -ре 90°.

Добавление агар-агара в количестве 0,2% образовывало крепкий студень, что затрудняло определения при проведении анализов.

С меньшим содержанием агар-агара растворы не готовились, так как невозможно было производить какие-либо сравнения.

При определении кристаллизации чистой сахарозы в движении, а также при добавлении различных компонентов необходимо было тщательно следить за началом образования кристаллов также как и в состоянии покоя.

Определения начала образования кристаллов в движении производились в водяных термостатах, которые представляют собой аквариумы объема $40 \times 30 \times 30$ см, на дне которых были установлены электрические, оботривательные спиральные элементы.

Подача тока регулировалась ртутным терморегулятором, отрегулированным на температуру 25° С. Механический привод был осуществлен путем шкивов от электромотора $w=0,1$ кв, посредством блочной передачи.

Для устранения колебаний электросети на постоянство оборотов в цепи системы был установлен баретер типа Ж. С. 3., который значительно компенсировал колебание напряжения сети, количество оборотов системы поддерживалось равным 200—250 в минуту, регулировка производилась движковым реостатом, установленным в цепи мотора.

В летний период, когда окружающая температура превышала 25°, вводилось искусственное охлаждение термостата путем пропускания холодной воды через каучук.

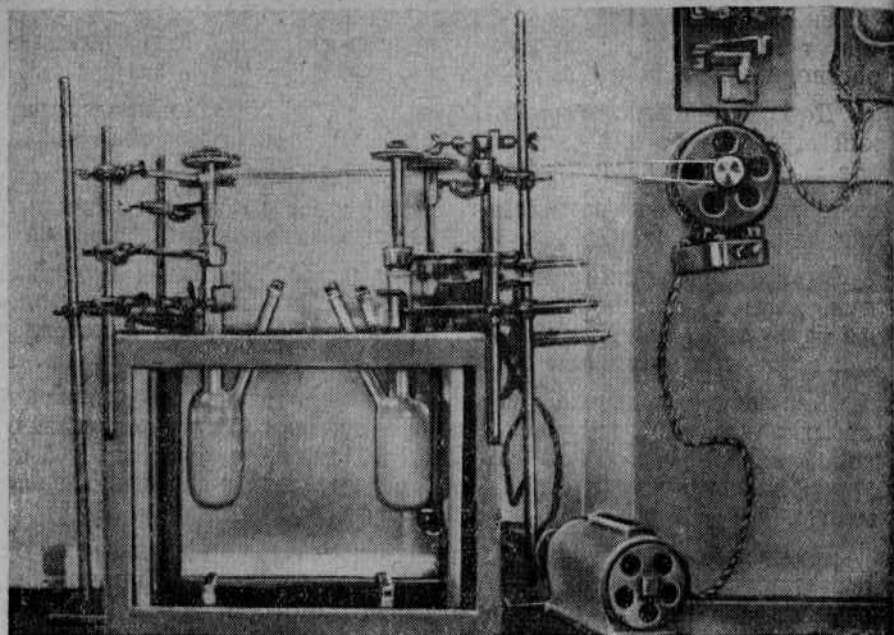
В аквариумах устанавливались стеклянные сосуды с испытуемыми растворами, внутрь которых вставлялись стеклянные мешалки, приводимые в движение при помощи шкивов (см. рисунок).

В аквариумах, также были установлены мешалки для перемешивания воды.

Во избежание испарения и загрязнения растворов в затвор наполнялось вазелиновое масло (первоначально затвором служила металлическая ртуть, но ввиду ее летучести и вредности — заменена вазелиновым маслом). С боковой стороны сосуда имеется стеклянный отвод, который служит для загрузки раствора.

На рисунке представлен общий вид установки.

Сосуды с испытуемыми растворами, помещенные в водяной термостат подвергались движению при помощи мешалок в течение 10—12 дней, после чего жидкая фаза отсасывалась при действии вакуум-насоса и анализировалась.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

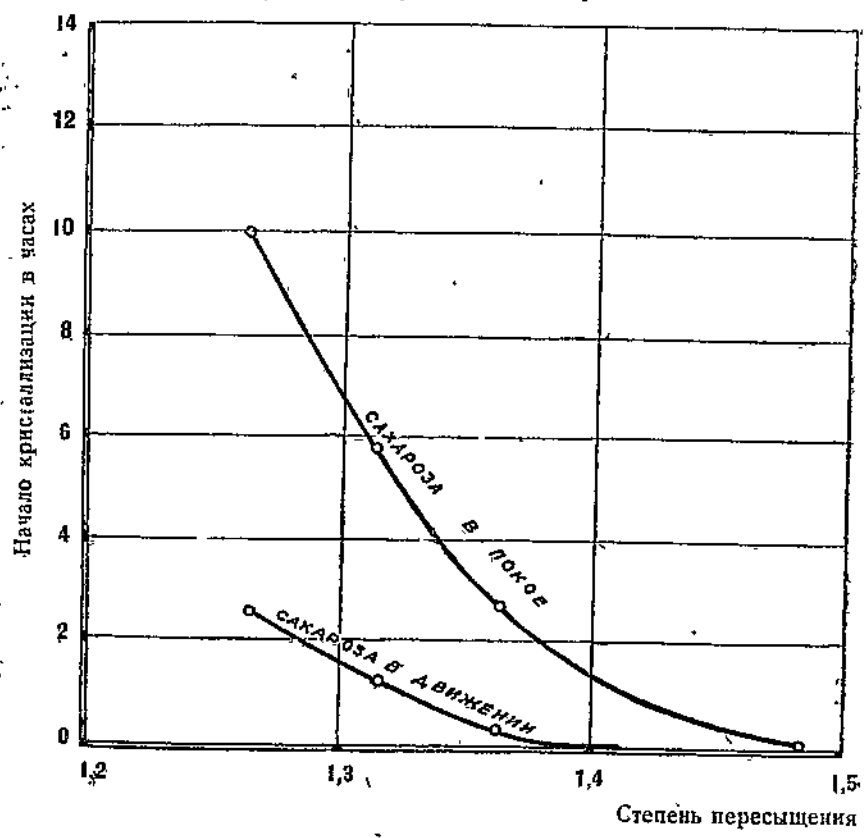
Для изучения влияния различных сахаров, добавляемых к чисто-сахарному раствору, на начало кристаллизации, исследовано влияние: декстрозы, мальтозы, левулезы, инвертного сахара — в количестве 10—20% и патоки в количестве 15—35% при t -ре 25° .

Прежде чем приступить к изучению влияния различных сахаров на кристаллизацию сахарозы, было установлено начало образования центров кристаллизации в растворах чистой сахарозы (с различной степенью пересыщения) в состоянии покоя и в движении при t -ре 25° .

На основании полученных данных составлена таблица и построены кривые, показывающие различие моментов образования кристаллизации сахарозы в зависимости от степени пересыщения, в состоянии покоя и в движении.

№ по пор.	Испытуемое вещество	Степень пересыщен.	Начало образов. кристаллиз. в движении через	Начало образов. кристаллиз. в сост. покоя	Температура	Вязкость в пул-ках
1	Сахароза	1,26	2 ч. 30 м.	Не замечено	25°	—
2	"	1,31	1 " 55 "	5 ч. 40 м.	25°	—
3	"	1,36	0 " 08 "	2 " 05 "	25°	—
4	"	1,48	В момент приготовления		25°	—

Кристаллизация чистой сахарозы



При достаточной степени пересыщения и переохлаждения внутри растворов возникает самопроизвольное зарождение кристаллов (состояние покоя), при введении же в раствор кристаллов растворенного вещества, процесс образования кристаллов ускоряется. В состоянии движения образование центров кристаллизации наблюдается наиболее быстро по сравнению с состоянием покоя.

Появление небольшого числа зародышей дает возможность получения крупных кристаллов, причем кристаллы получаются полногранные (кристаллы достигали 10—12 гр.); в случае же появления большого количества мелких кристаллов, последние имеют слабо развитые грани.

В состоянии движения грани кристаллов сахарозы часто стираются, и кристаллы принимают неправильную форму.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ САХАРОВ, ДОБАВЛЯЕМЫХ К ЧИСТО-САХАРНЫМ РАСТВОРАМ НА НАЧАЛО ОБРАЗОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Для изучения влияния различных сахаров (декстроза, мальтоза, левулеза, инвертный сахар, патока) на кристаллизацию, указанные сахара добавлялись в количестве 10% и 20% по отношению к общей загрузке (жидкой фазе). Данные, полученные при определении начала образования кристаллизации сахарозы в присутствии 10% и 20% декстрозы, указаны в таблице 2. (Растворимость декстрозы при 25° — 51,3).

Таблица II

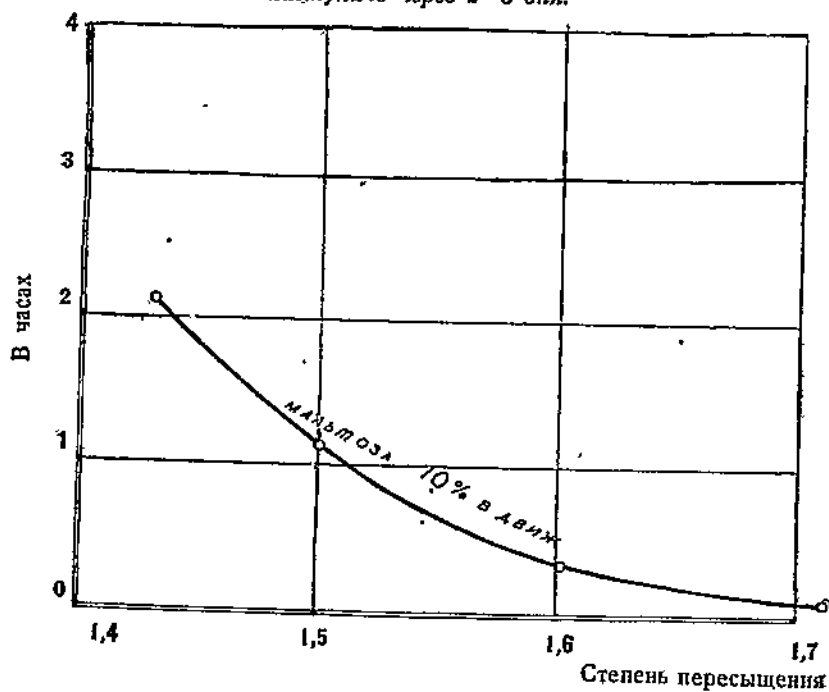
№ по пор.	Добавляемый сахар	Степень пересыщения	Начало образ. кристаллиз. в движении	Начало образ. кристаллиз. в сост. покоя	Температура	Вязкость в пузах
1	Декстроза 10%	1,59	5 ч.	36 ч.	25°	14,55
2	" 10%	1,61	3 ч. 35 м.	Не замеч.	25°	22,92
3	" 10%	1,64	2 ч. 05 м.	21 ч.	25°	26,15
4	" 10%	1,74	0 ч. 25 м.	10 ч. 40 м.	25°	31,10
1	Декстроза 20%	1,71	Не замеч.	24 ч.	25°	14,75
2	" 20%	1,77	"	4 дня	25°	17,62
3	" 20%	1,87	0 ч. 45 м.	8 ч. 20 м.	25°	22,58

Таблица III

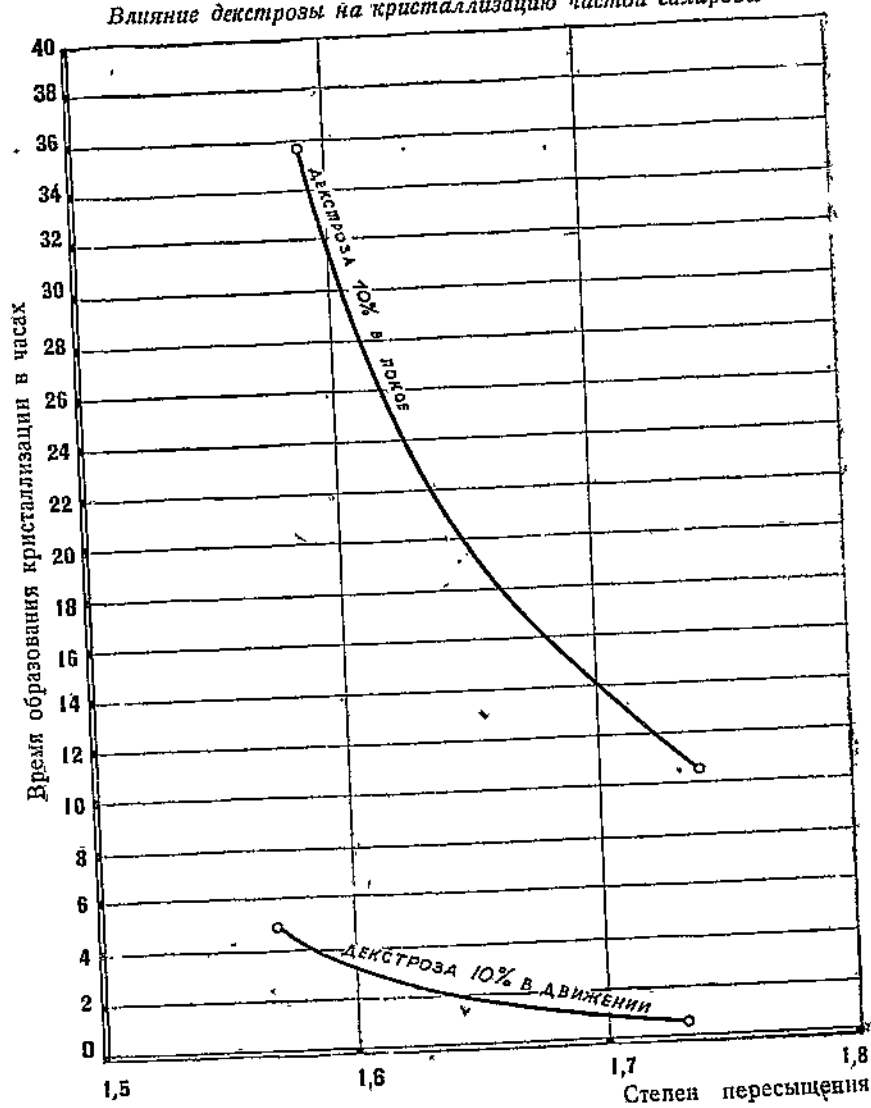
Влияние мальтозы (растворимость мальтозы при 25°—49,3)

№ по пор.	Добавляемый сахар	Степень пересыщения	Начало образ. кристаллиз. в движении	Начало образ. кристаллиз. в сост. покоя	Температура	Вязкость в пузах
1	Мальтоза 10%	1,43	2 ч. 10 м.	не замеч.	25°	—
2	" 10%	1,51	1 " 08 "	чер. 2 дня	25°	14,70
3	" 10%	1,62	0 " 13 "	не замеч.	25°	16,82
4	" 10%	1,71	0 " 07 "	чер. 3 дня	25°	27
1	Мальтоза 20%	1,77	не замеч. (в ночь)	чер. 8 дней	25°	21,12
2	" 20%	1,92	0 ч. 50 м.	36 час.	25°	24,08

Начало образования кристаллизации с добавлением 10% мальтозы в движении. Образование кристаллов в состоянии покоя при данной степени пересыщения наступало через 2—3 дня.



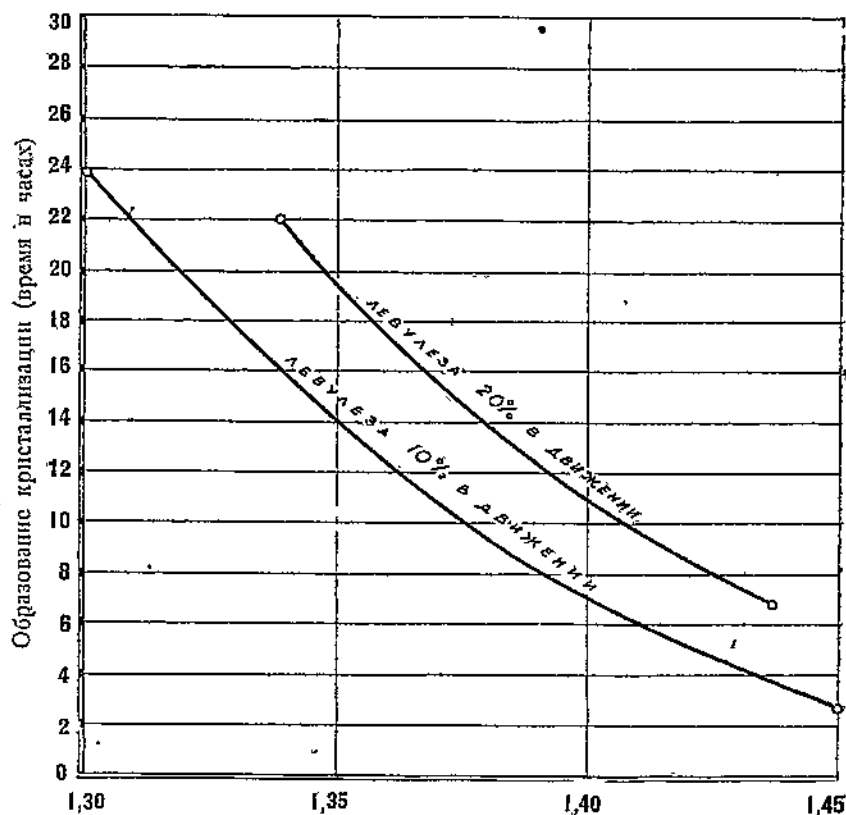
Влияние декстрозы на кристаллизацию чистой сахарозы



8,1

№ по пор.	Добавляемый сахар	Степень пере- осщен.	Начало образован. кристаллиз. в движен.	Начало образов. кристаллиз. в сост. покоя	Температура	Вязкость в пузах
1	Леулеза 10%	1,30	24 ч.	чер. 3 дня	25°	9,50
2	" 10%	1,41	6 ч. 44 м.	не замеч.	25°	14,90
3	" 10%	1,45	3 " 05 "	"	25°	18,97
1	Леулеза 20%	1,34	22 " 55 "	—	25°	13,59
2	" 20%	1,35	20 ч.	2 дня	25°	17,15
3	" 20%	1,39	12 ч. 45 м.	не замеч.	25°	20,86

Изменение кристаллизации сахарозы в зависимости от добавления 10% и 20% леулезы (в движении). В состоянии покоя кристаллизация образуется через 2—3 дня



Влияние инвертного сахара

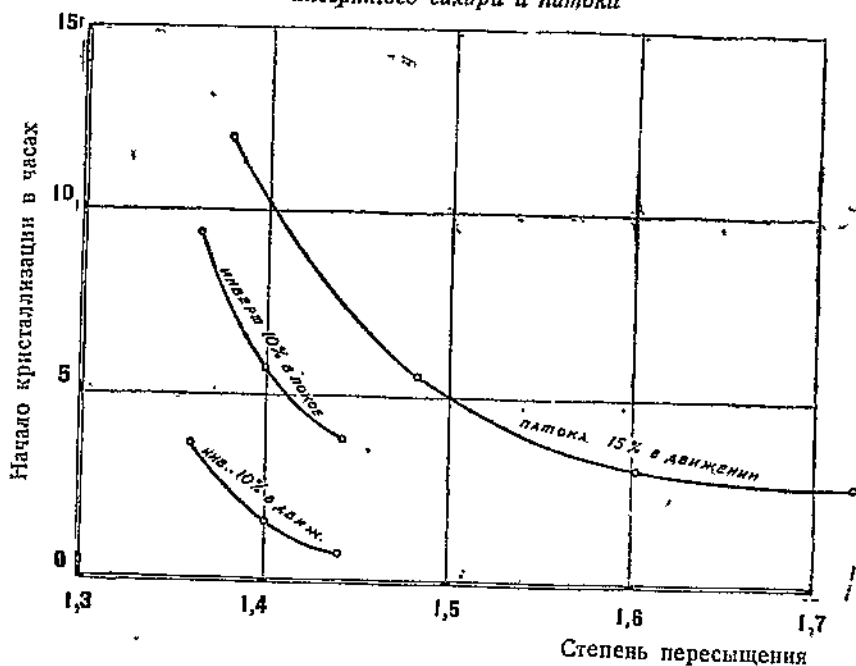
№ по пор.	Добавляемое вещество	Степень пересыщен.	Начало образов. кристаллиз. в движении	Начало образов. кристаллиз. в сост. покоя	Температура	Вязкость в пузах
1	Инвертный сахар 10% . . .	1,36	3 ч. 50 м.	9 ч. 55 м.	25°	18,5
2	" " 10% . . .	1,40	1 " 30 "	5 " 45 "	25°	21,04
3	" " 10% . . .	1,44	0 " 45 "	3 " 53 "	25°	25,00
1	Инвертный сахар 20% . . .	1,36	4 " 15 "	не замеч.	25°	24,43
2	" " 20% . . .	1,52	3 " 40 "	"	25°	28,24
3	" " 20% . . .	1,65	1 " 55 "	8 ч. 40 м.	25°	29,19

Таблица VI

Влияние патоки на кристаллизацию

№ по пор.	Добавляемое вещество	Степень пересыщен.	Начало образован. кристаллиз. в движен.	Начало образов. кристаллиз. в сост. покоя	Температура	Вязкость в пузах
1	Патока 15%	1,38	12 час.	4 дня	25°	11,20
2	" 15%	1,48	4 ч. 50 м.	не замеч.	25°	21,93
3	" 15%	1,72	2 " 50 "	2 дня	25°	54,76
1	Патока 33%	1,48	3 " 15 "	2 "	25°	16,78
2	" 33%	1,63	22 часа	3 "	25°	39,36
3	" 33%	1,68	не замеч.	5 дней	25°	57,43

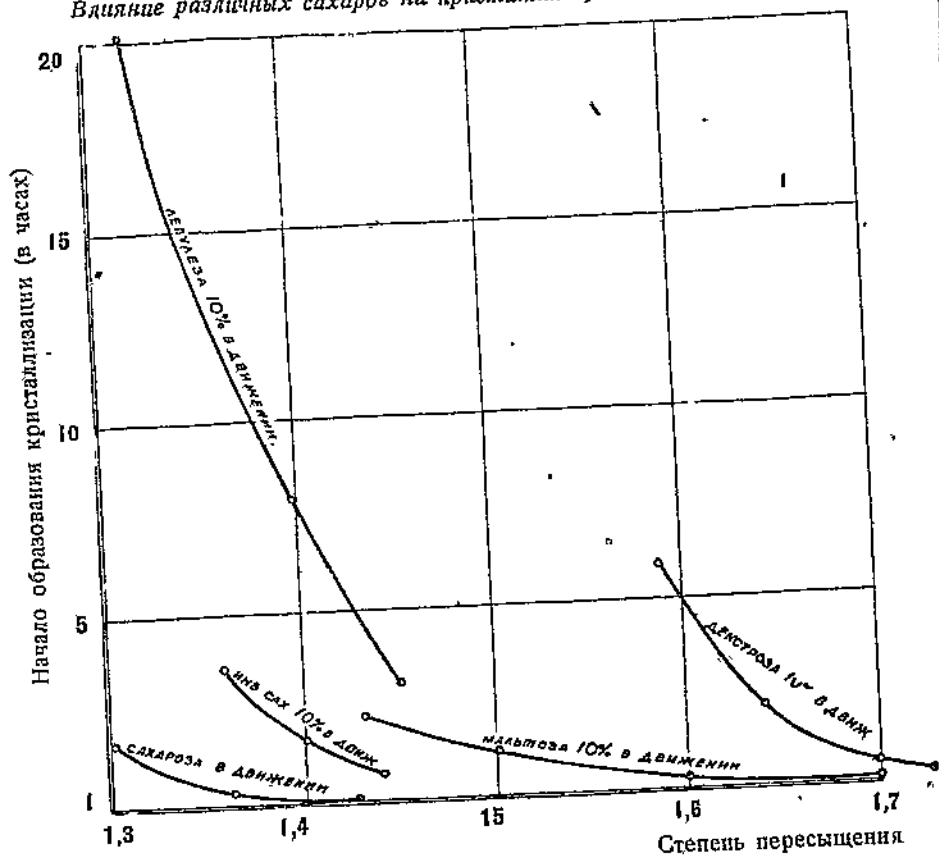
Начало образования кристаллизации сахарозы в зависимости от добавления инвертного сахара и патоки



При добавлении различных сахаров к растворам чистой сахарозы наиболее задерживающим кристаллизацию является декстроза, затем следуют мальтоза, левулеза и инвертный сахар.

На чертеже (см. стр. 54) построены кривые, указывающие влияние на изменение кристаллизации сахарозы при добавлении различных сахаров.

Полученные данные наглядно показывают, что все применяемые сахара (декстроза, мальтоза, левулеза, инвертный сахар и патока) в той или иной степени задерживают кристаллизацию, что является очень важным при производстве некоторых кондитерских изделий, напр. карамели, мармелада и др., когда требуется избежать засахаривания указанных изделий.



ВЛИЯНИЕ ПИЩЕВЫХ КОЛЛОИДОВ НА НАЧАЛО ОБРАЗОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Добавление к сахарному раствору пищевых коллоидов как-то: пектина, желатины, декстрина, агар-агара и др. оказывало большое влияние на кристаллизацию. Указанные коллоиды обладают способностью адсорбироваться на образующихся сахарных кристаллах и этим задерживают как появление кристаллов, так и их рост. Помимо этого, коллоидные вещества, увеличивая вязкость сахарного раствора, замедляют движение молекул и тем самым задерживают кристаллизацию.

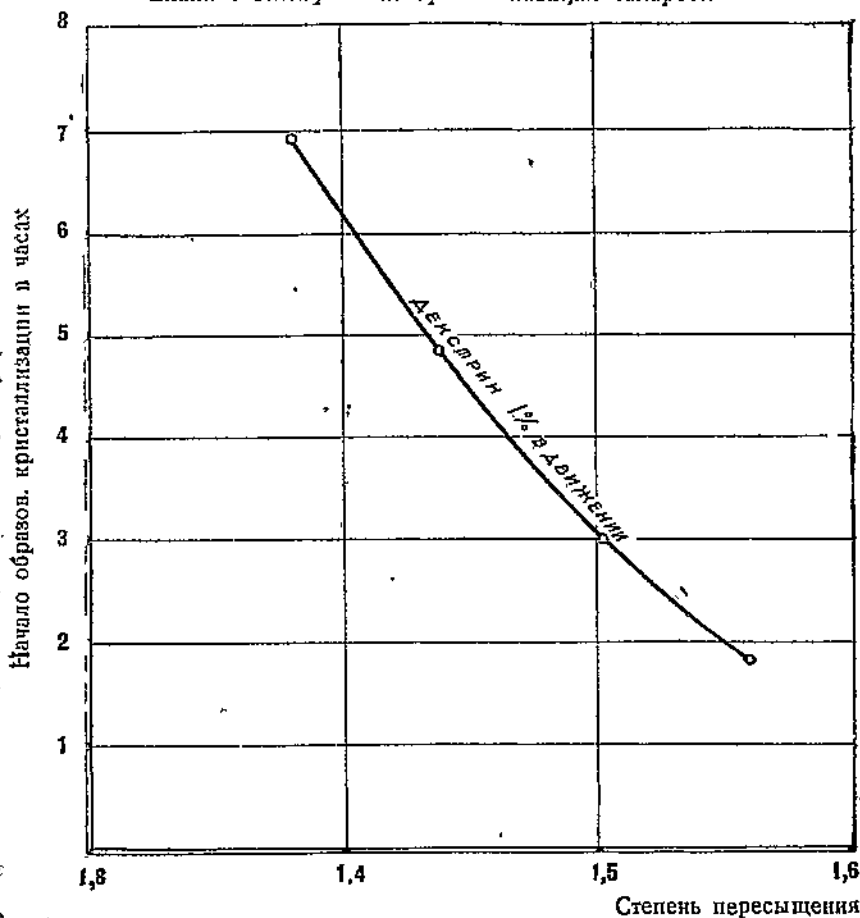
*Влияние декстрина
Анализ декстрина*

Влажность	11,78%
Растворимость	38,3%
Проц. декстр.	87,12%

Таблица VII

№ по пор.	Добавляемое вещество	Степень пересыщен.	Начало образ. кристаллиз. в движении	Начало образ. кристаллиз. в сост. покоя	Температура	Вязкость в пузах
1	Декстрин 1%	1,38	7 ч. 20 м.	2 дня	25°	11,23
2	" 1%	1,50	3 " 10 "	не замечено	25°	21,14
3	" 1%	1,54	2 " 05 "	8 ч. 30 м.	25°	40,81
4	" 1%	1,56	1 " 45 "	не замечено	25°	27,41

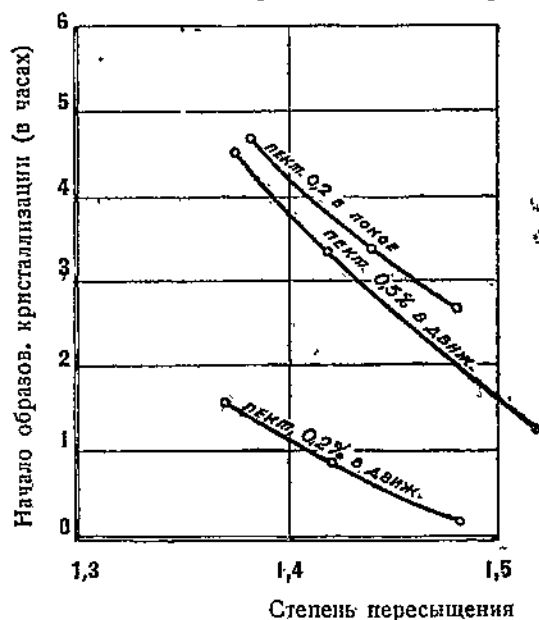
Влияние декстрина на кристаллизацию сахара.



Влияние пектина на кристаллизацию сахарозы

№ по пор.	Добавляемое вещество	Степень пересыщен.	Начало образ. кристаллиз. в движении	Начало образ. кристаллиз. в сост. покоя	Температура	Вязкость в пузах
1	Пектин 0,2%	1,37	1 ч. 35 м.	4 ч. 40 м.	25°	24,82
2	" 0,2%	1,40	1 " 20 "	не замечено	25°	50,06
3	" 0,2%	1,42	0 " 50 "	3 ч. 50 м.	25°	35,58
4	" 0,2%	1,47	0 " 22 "	2 " 35 "	25°	62,40
1	Пектин 0,5%	1,378	4 " 35 "	не замеч.	25°	36,74
2	" 0,5%	1,44	2 " 55 "	27 час.	25°	92,60
3	" 0,5%	1,518	1 " 22 "	не замеч.	25°	98,34

Влияние пектина на кристаллизацию сахарозы



№ по пор.	Добавляемое вещество	Степень пересыщ.	Начало образов. кристаллиз. в движении	Начало образов. кристаллиз. в сост. покоя	Температура	Вязкость в пузах
1	Желатина 0,5%	1,48	По случаю	2 ч. 20 м.	25°	17,5
2	" 0,5%	1,53	образования	1 " 35 "	25°	23
3	" 0,5%	1,57	обильной	0 " 35 "	25°	29,8
1	Желатина 1%	1,47	пены	4 " 25 "	25°	31
2	" 1%	1,50	определения	3 " 22 "	25°	—
3	" 1%	1,58	в сост. движ. не производился	1 " 30 "	25°	45,4

Влияние желатины на начало образования кристаллизации в состоянии покоя с добавлением 0,5% и 1% желатины

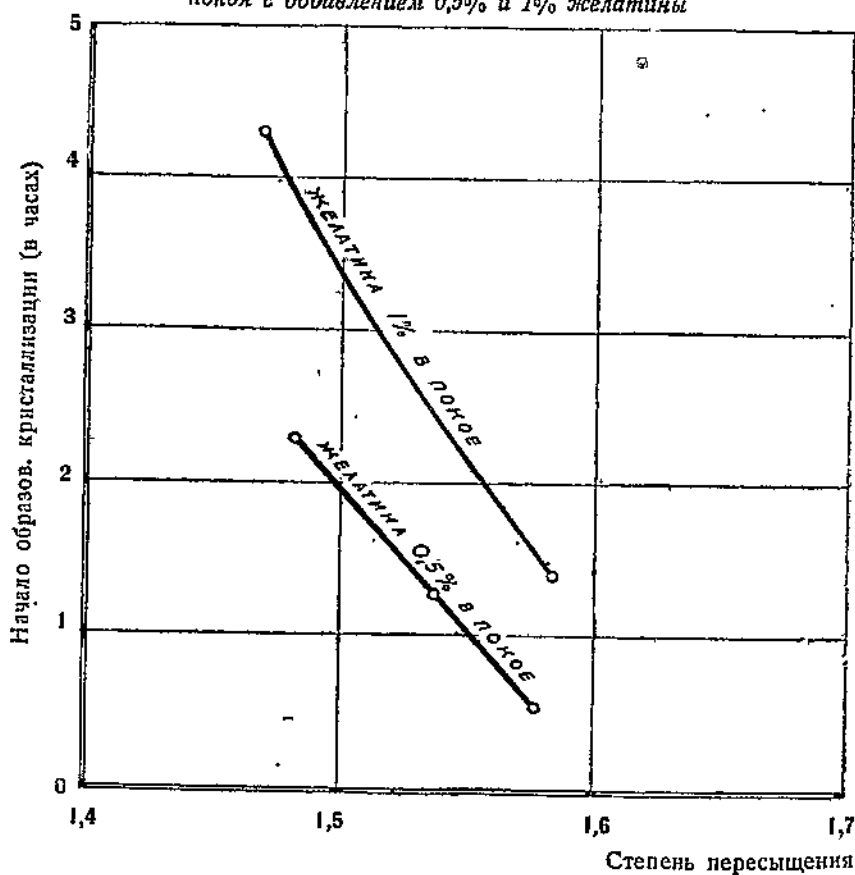
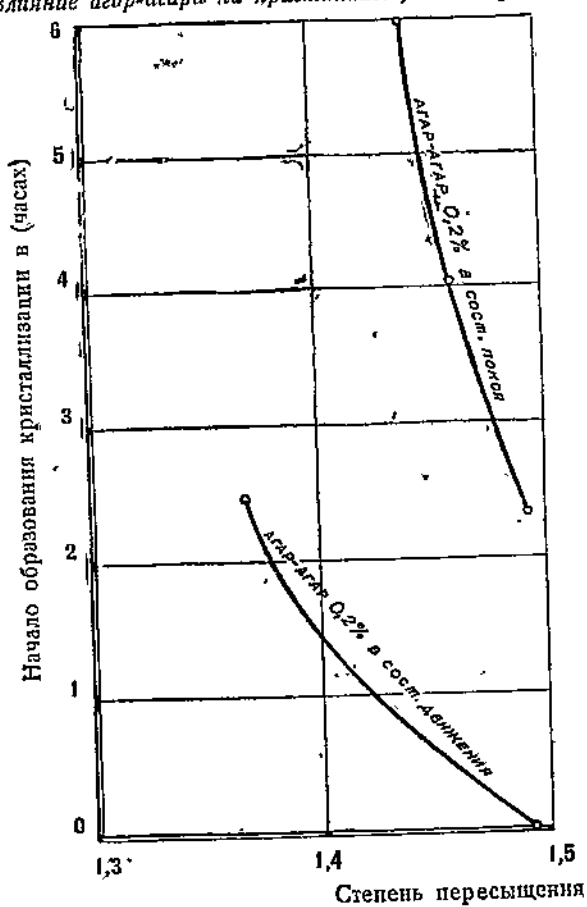


Таблица X

Влияние агар-агара (японского)

№ по пор.	Добавляемое вещество	Степень пересыщ.	Начало образ. кристаллиз. в движении	Начало образ. кристаллиз. в сост. покоя	Температура	Вязкость в пузах
1	Агар-агар 0,2%	1,39	2 ч. 30 м.	2 дня	25°	23,53
2	" 0,2%	1,44	0 " 40 "	6 час.	25°	28,51
3	" 0,2%	1,49	в начале перемеш.	2 ч. 20 м.	25°	45,22

Влияние агар-агара на кристаллизацию сахарозы



На основании проведенной работы следует указать, что все применяемые коллоиды задерживают начало образования кристаллизации сахарозы. Из добавляемых коллоидов наибольшей способностью задерживать кристаллизацию раствора сахарозы является декстрин, затем следуют агар-агар, пектин и желатина.

При проведении эксперимента с добавлением желатинистости встретились трудности определения начала образования кристаллизации в состоянии движения в связи с образованием пены; также невозможно было провести исследования с добавлением 0,5% агар-агара т. к. сахарный раствор с указанным коллоидом желировал.

Помимо указанных коллоидов пытались провести исследования образования кристаллизации сахарозы с добавлением яичного альбумина и лицидина, но указанные коллоиды не могли быть применимы, т. к. яичный альбумин при нагревании свертывается, а лицитин нерастворим в воде.

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТ

При производстве некоторых кондитерских изделий, напр. карамели, часто из-за отсутствия патоки применяют кислоты.

Прибавление кислоты ведет к образованию некоторого количества инвертного сахара за счет сахарозы, являющегося дополнительным к патоке антикристаллизатором в процессе приготовления карамельной массы.

Таблица XI

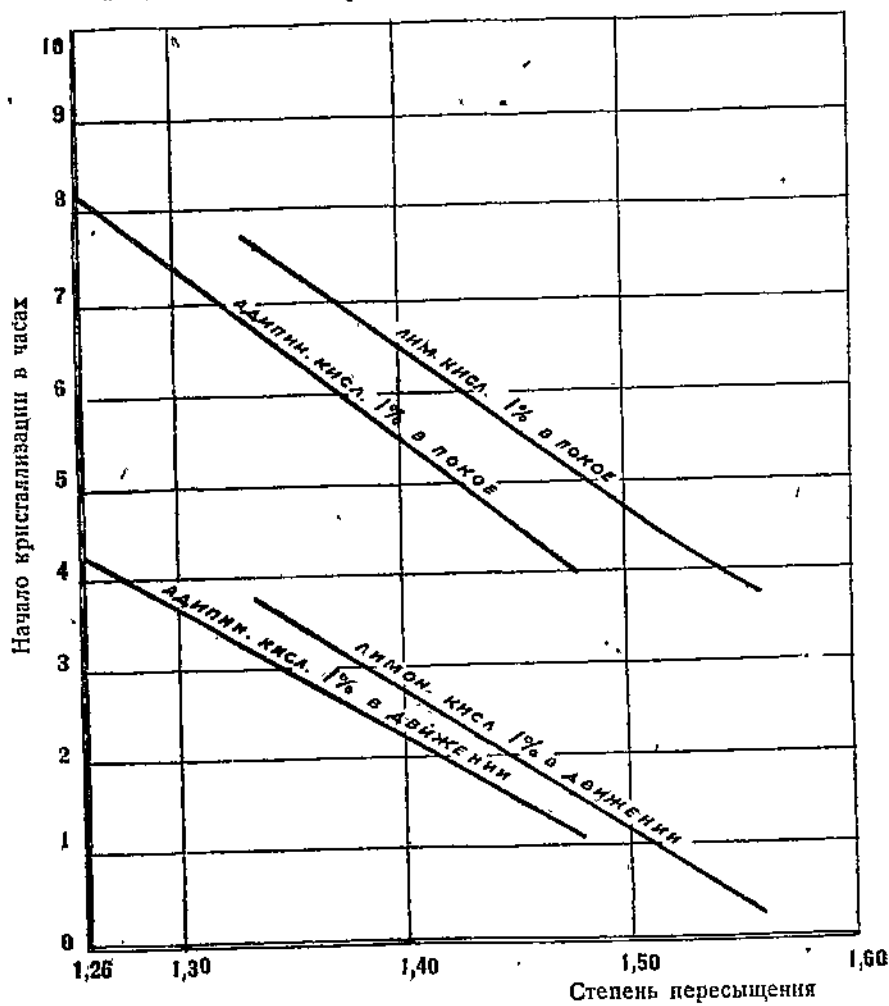
Влияние кислот

№ по пор.	Добавляемые кислоты	Степень пере- сыщен.	Начало образов. кристаллиз. в движении	Начало образов. кристаллиз. в сост. покоя	Температура	Вязкость в пузах
1	Лимонная 1%	1,33	3 ч. 40 м.	7 ч. 40 м.	25°	18,55
2	" %	1,44	2 " 45 "	5 " 50 "	25°	23,50
3	" %	1,56	0 " 20 "	3 " 45 "	25°	30,18
1	Адипиновая 1%	1,26	4 " 10 "	8 " 15 "	25°	5,88
2	" 1%	1,43	2 " 05 "	4 " 50 "	25°	16,71
3	" 1%	1,48	1 " 10 "	4 " 05 "	25°	28,37

Лимонная кислота является наиболее задерживающей кристаллизацию раствора сахарозы. Данное явление следует объяснить тем, что при добавлении лимонной кислоты образуется наибольшее количество инвертного сахара за счет сахарозы по сравнению с адипиновой кислотой.

Например: при добавл. 1% лим. к-ты обр. инв. 14—16%
" 1% адип. к-ты обр. инв. 7—9%

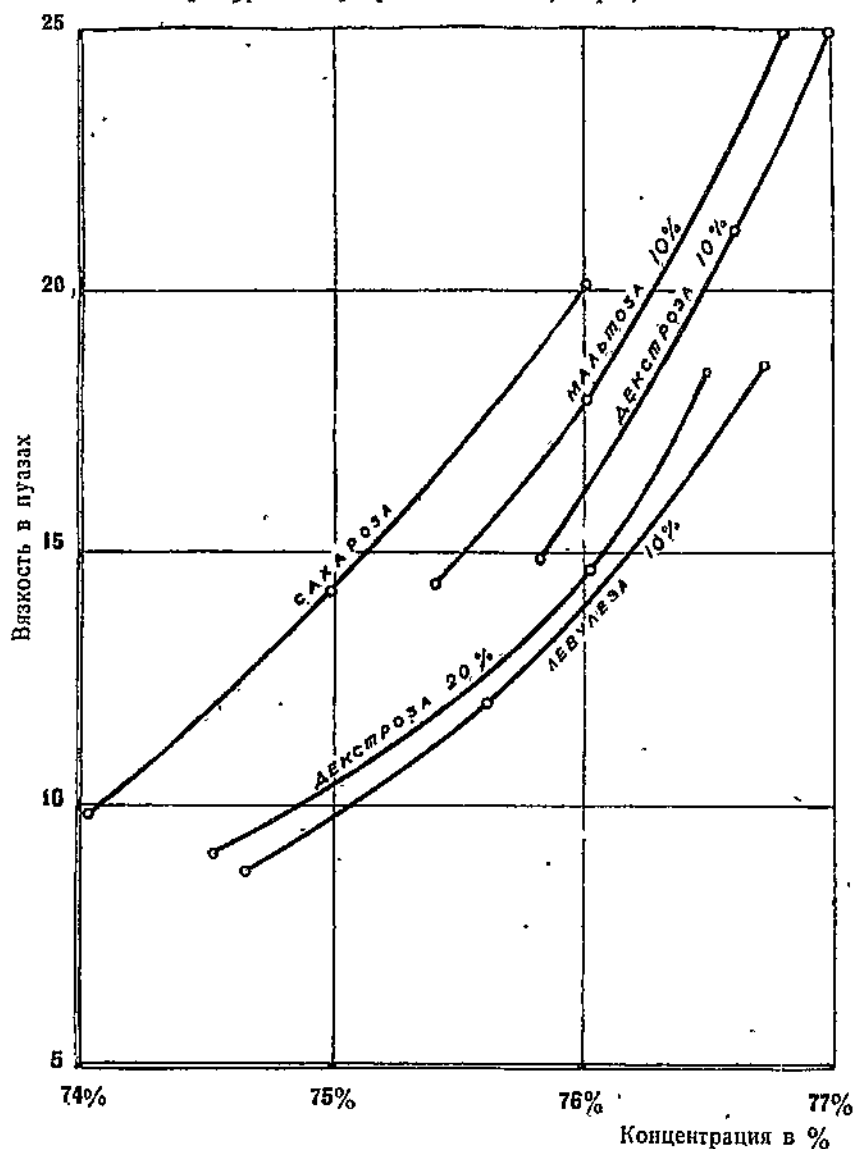
Влияние кислот на кристаллизацию сахарозы при 25%.



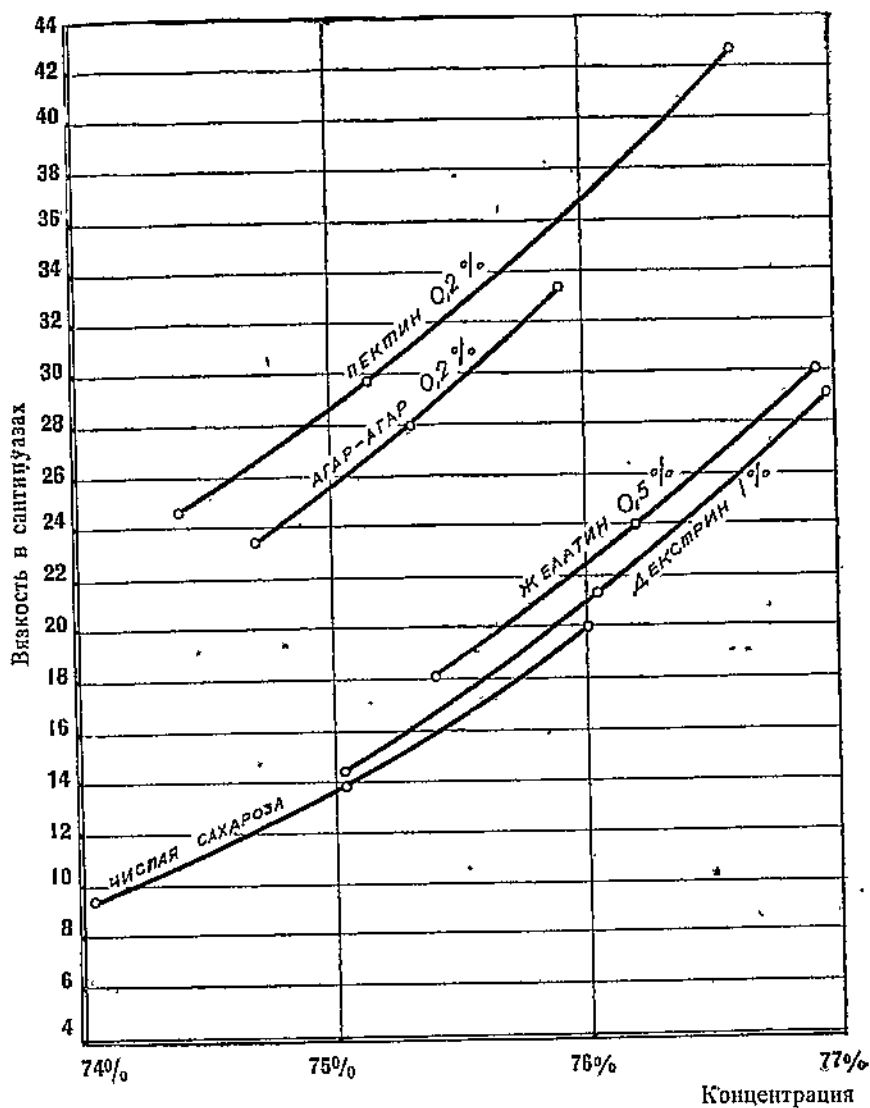
С добавлением различных сахаров и коллоидов наблюдается изменение величины вязкости. От добавления сахаров вязкость несколько уменьшается, в то время как от добавления пищевых коллоидов вязкость увеличивается.

На последующих чертежах построены кривые изменения вязкости в зависимости от различных сахаров и коллоидов.

Изменение вязкости сахарозы от влияния различных сахаров при температуре 25° при различной концентрации



Изменение вязкости сахарозы в зависимости от добавления различных коллоидов при температуре 25°.



ВЫВОДЫ

1. Исследовано начало кристаллизации чистых водных растворов сахарозы различного пересыщения в состоянии покоя и движения. Начало кристаллизации в условиях покоя по сравнению с условием движения при одинаковом пересыщении растворов замедляется в 3—4 раза.

Увеличение пересыщенности чистых сахарных растворов ускоряет начало кристаллизации.

2. Начало кристаллизации растворов сахарозы с равной степенью пересыщения при добавлении декстрозы, мальтозы, левулезы и инвертного сахара замедляется.

Наибольшую способность задерживать кристаллизацию, когда раствор находится в состоянии покоя проявляет мальтоза, если же раствор находится в состоянии движения, то наибольшую задерживающую способность проявляет декстроза.

3. Все испытанные нами пищевые коллоиды способны задерживать начало кристаллизации пересыщенных растворов сахарозы. Наибольшей способностью задерживать начало кристаллизации пересыщенных сахарных растворов как в состоянии покоя, так и в состоянии движения из исследованных пищевых коллоидов проявляет декстрин.

4. Кислоты лимонная и адипиновая при добавлении к пересыщенному водному раствору задерживают начало кристаллизации, что объясняется, главным образом, образованием инвертного сахара в растворе, способного, как указано выше, задерживать кристаллизацию.

5. Патока при добавлении к раствору сахарозы (33%) задерживает начало кристаллизации почти в 30 раз.

6. Вязкость растворов сахарозы, к которым добавлены другие сахара уменьшается, а при добавлении к растворам сахарозы патоки и пищевых коллоидов вязкость увеличивается, что также является фактором задерживания начала кристаллизации.

7. Полученные данные о влиянии различных веществ на начало кристаллизации чистых сахарных растворов могут быть использованы при приготовлении карамели, помады и жележных изделий.

Кандидат техническ. наук

Соколовский А. Л.

Старший лаборант

Гаврилова В. А.

Упругость пара

и повышение температуры

кипения растворов

мальтозы, декстрозы, левулезы

и карамели

Производство карамели основано на приготовлении пересыщенных растворов сахарозы в присутствии мальтозы, декстрозы и декстрина при изготовлении карамели из сахара и патоки. Если же карамель готовится из сахара и инвертного сахара, то карамель представляет собой пересыщенный раствор сахарозы в присутствии декстрозы и левулезы.

Присутствие в карамели различных сахаров делает весьма сложным изучение физико-химического состояния готовой карамели. Исследование физико-химических констант основных компонентов карамели должно помочь изучению состояния готовой карамели.

Мальтоза, декстроза и левулеза, применяемые для приготовления карамели, обычно добавляются к сахару в виде высококонцентрированных пересыщенных или насыщенных растворов. Мальтоза и декстроза как составные части патоки, представляющей собой пересыщенный раствор мальтозы в присутствии декстрозы и декстрина, а левулеза и декстроза при работе с инвертным сахаром вводятся в карамель в виде насыщенного раствора инвертного сахара.

Применение в промышленности указанных сахаров в виде растворов вызывает необходимость исследования их физико-химических свойств.

В настоящей работе нами исследовано явление, наблюдаемое в различных растворах — понижение упругости пара и повышение температуры кипения растворов мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели.

Понижение упругости пара раствора выражается в том, что при одинаковой температуре давление пара раствора меньше, чем давление чистого растворителя, а следовательно, температура кипения растворов выше, чем у чистого растворителя. Следовательно, повышение температуры кипения раствора находится в прямой зависимости от понижения упругости пара.

Исследования упругости пара и температуры кипения основных компонентов карамели найдут также применение при расчете аппаратуры для карамельных цехов. Упругость пара и температура кипения сахарных растворов исследована Бухаровым П. С.¹

Явление понижения упругости пара и повышения температур кипения присущее всем растворам известно давно и отмечалось Гей-Люссаком. Бабо, Дюринг и другие исследовали понижение упругости паров в зависимости от концентрации растворов. На основе приведенных Бабо исследований им предложен эмпирически установленный закон, по которому отношение упругости пара P_1 над раствором к упругости пара чистой воды P при той же температуре есть величина постоянная для данной концентрации, не зависящая от температуры кипения t . е.

$$\frac{P_1}{P} = \text{const.}$$

Отсюда, по предложенному закону Бабо, если известна температура кипения раствора данной концентрации при атмосферном давлении, можно вычислить его температуру кипения при любом давлении.

Закон Бабо, исходя из уравнения Киргоффа² для теплоты разбавления раствора, может быть правилен, когда теплота разбавления равна нулю. Закон Бабо, следовательно, может быть применен как универсальный для таких растворов, разбавление которых в дальнейшем не будет вызывать теплового эффекта т. е. к сильно разбавленным растворам.

Дюринг на основе проведенных им исследований предложил правило для приближенных расчетов упругости пара при различных условиях. По этому правилу частное от деления разности температур кипения ($t_k - t_{k,j}$) какой-либо жидкости при двух произвольно взятых различных давлениях на разность тем-

¹ Сахарная промышленность № 9—10, 1930 г.

² $dQ = ART^2 \left(d \lg \frac{P_1}{P} \right) d\omega$ при $dQ = 0$ закон Бабо верен. Если dQ по-

ложительная или отрицательная величина, закон Бабо дает отклонения.

ператур кипения ($t_d - t_{1d}$) какой-либо другой жидкости при тех же двух давлениях есть величина постоянная (K)

$$\frac{t_{ж} - t_{1ж}}{t_b - t_{1b}} = K$$

Если в качестве одной жидкости взять воду, для которой температуры кипения известны при различных давлениях и определив величину (K) легко определить температуру кипения и упругость пара при любых условиях.

В работах с разбавленными растворами Рауль установил, что для неэлектролитов, к которым относятся интересующие нас вещества, понижение упругости пара раствора прямо пропорционально увеличению концентрации, и что относительное понижение упругости пара равно отношению числа молекул растворенного вещества ко всему числу молекул, находящихся в растворе. Формула Рауля имеет выражение:

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{n}{N + n}$$

где: $\frac{\Delta P}{P}$ — относительное понижение упругости пара,

n — число молекул растворенного вещества,

N — число молекул растворителя.

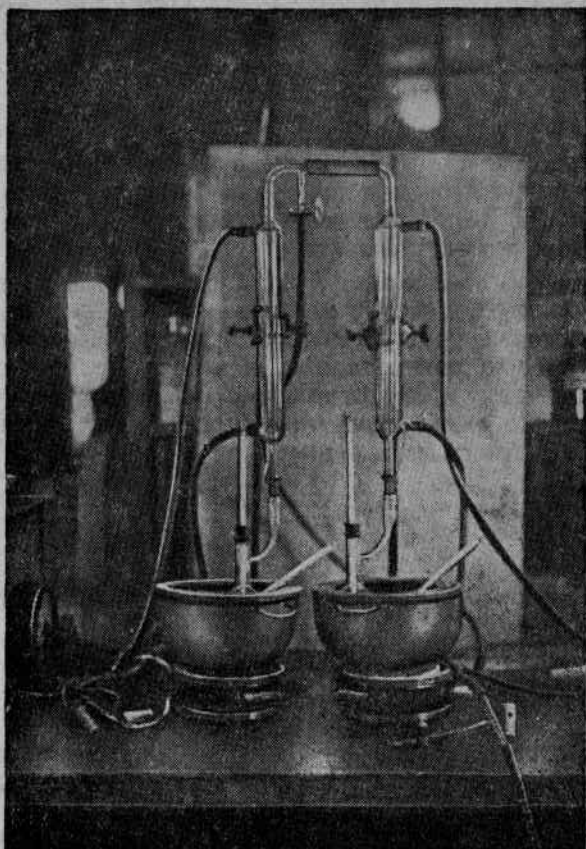
Раулем было также найдено, что повышение температуры кипения растворов находится в прямой зависимости от молекулярной концентрации. Этот вывод Рауля может служить при контроле производства для определения концентрации раствора по его температуре кипения.

Указанные выводы Рауля относятся только к разбавленным растворам неэлектролитов. Концентрированные же растворы неэлектролитов в том числе сахара, мальтоза и другие сахара дают значительные отклонения, не дающие возможности применять к ним общие выводы Рауля.

Наряду с исследованиями упругости пара растворов описанными выше проведен ряд исследований упругости пара и температур кипения сахарных растворов интересовавших в первую очередь сахарную промышленность. Из проведенных работ отметим работу Claassen¹, опубликованную в 1904 году в журнале Deutsche Zuckerind.

Измерения упругости пара растворов велись разнообразными методами, но все они могут быть разделены на 2 группы: косвенные и прямые методы определения¹. Прямые определения упругости пара могут производиться манометрически и измере-

¹ Хвельсон — Физика, том III.



нием упругости пара по температуре кипения. Измерение упругости пара в нашей работе проведено путем определения повышения температуры кипения исследуемых растворов по сравнению с чистым растворителем. Для определения упругости пара исследованных растворов при различных давлениях был собран известный в лабораторной практике прибор, применявшийся Бухаровым П. С. при определении упругости пара сахарных растворов, показавший возможность получения достаточно точных результатов при различных давлениях.

Прибор состоит из двух холодильников. Верхние концы форштоссов холодильников соединены друг с другом резиновой трубкой. К одному из этих форштоссов припаян отвод с хорошо притертым стеклянным краном, а к нижним концам форштоссов каждого холодильника прикреплены на шлифах две колбы. В горлышко каждой колбы вставлен на каучуковой пробке термометр. Собранный прибор хорошо держал устанавливаемое

в нем давление; если во время опытов изменялось давление, то весьма незначительно и одинаково в обеих частях прибора.

В одну из колб наливался чистый растворитель (вода), а в другую колбу раствор испытуемого вещества той или иной концентрации. Объем жидкости в колбах должен быть одинаков, шарики термометра погружены в жидкость. Для равномерного кипения и предупреждения перегрева в колбочки помещались листочки цинка обернутые медью. Нагрев колб проводился на водно-глицериновых банях, температура в которых во все время опыта была на 5—7° выше температуры жидкости в колбах. Собранный прибор присоединялся к находящемуся в действии масляному вакуум-наосу путем открытия крана, припаянного к одному из форштоссов холодильника. Бани подогревались на электрических печках. Отсасывание воздуха проводилось до тех пор, пока содержимое в колбах не закипало. После этого кран закрывался, содержимое в колбах доводилось до равномерного кипения и проводилось 5—7 отсчетов температур кипения в колбах, из которых бралось среднее. После отсчетов открывался кран, и в прибор вводилось некоторое количество атмосферного воздуха. Давление в приборе увеличивалось, кипение в связи с этим в колбах приостанавливалось. При дальнейшем нагревании содержимое в колбах опять закипало. При достижении равномерного кипения проводились отсчеты температуры кипения растворителя и испытуемого раствора. Эти опыты проводились в нашем исследовании при трех давлениях соответствовавших температуре кипения воды около 60°, 75° и 100°. Зная зависимость упругости пара чистого растворителя (воды) от температуры по уже имеющимся многочисленным исследованиям, измеряем повышение температуры кипения исследуемого раствора в сравнении с чистым растворителем и определяем упругость пара исследуемого раствора.

Для проведенной работы были заказаны две пары одинаковых термометров, которые при проверке показывали отклонения не более 0,05°. Термометры имели деления в 1/10°.

Мальтоза, декстроза и левулеза, применявшиеся для исследований, химически чистые.

По приведенным ниже данным, полученным в результате проведенного эксперимента, составлены таблицы и кривые упругостей пара и повышения температур кипения растворов мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели.

В таблицах кроме опытных данных приводятся упругости пара раствора при температуре его кипения (P_p), упругости пара воды при температуре кипения раствора (P воды) и отношение упругостей паров

$$\frac{P \text{ раствора}}{P \text{ воды}}$$

Температуры кипения и упругости паров водных растворов мадэтозы

Температура кипения раствора	Температура кипения воды	Повышение температуры кипения	Рр—упругость пара раствора при его кипении	Р—упругость пара воды при температуре кипения раствора	Р раствора Р воды
10% раствор					
79,5	79,3	0,2	345,23	348,05	0,992
100,3	100,05	0,25	761,38	763,28	0,991
					0,992
20% раствор					
63,35	63,0	0,35	171,4	174,17	0,984
77,6	77,25	0,35	317,4	322,02	0,986
100,2	99,8	0,4	754,64	765,52	0,986
					0,985
30% раствор					
64,3	63,8	0,5	177,72	181,76	0,978
80,35	79,8	0,55	352,28	360,21	0,978
100,6	100,0	0,6	760,0	776,56	0,979
					0,978
40% раствор					
64,6	63,9	0,7	178,51	184,22	0,969
78,65	77,9	0,75	325,98	336,21	0,970
100,4	99,6	0,8	749,28	771,04	0,972
					0,970
50% раствор					
68,05	65,0	1,05	187,5	196,55	0,954
77,8	76,7	1,1	310,29	324,66	0,956
101,2	100,0	1,2	760	793,26	0,958
					0,956
60% раствор					
65,1	63,3	1,8	173,77	188,33	0,923
79,3	77,35	1,95	318,72	345,23	0,923
102,15	100,0	2,15	760,0	820,28	0,927
					0,924
70% раствор					
67,65	65,0	2,65	187,5	210,98	0,889
79,4	78,5	2,0	307,75	346,64	0,888
103,65	100,3	3,35	768,28	864,6	0,889
					0,889

Температуры кипения и упругости паров водных растворов глюкозы

Температура кипения раствора	Температура кипения воды	Повышение температуры кипения раствора	Рр—упругость пара раствора при его кипении	Р—упругость пара воды при температуре кипения раствора	P' раствора
					P воды

10% раствор

78,35	78,0	0,35	327,3	332,1	0,986
100,7	100,3	0,4	768,28	779,32	0,986
					0,986

20% раствор

64,1	63,5	0,6	175,35	180,12	0,973
66,8	66,2	0,6	197,88	203,22	0,973
73,5	72,85	0,65	264,05	271,45	0,973
79,4	78,7	0,7	336,89	346,64	0,972
100,3	99,5	0,8	746,6	767,28	0,973
					0,973

30% раствор

64,7	63,6	1,1	176,14	185,04	0,951
75,7	74,5	1,2	233,15	247,71	0,951
78,6	77,35	1,25	318,72	335,52	0,950
98,3	96,85	1,45	678,43	715,07	0,949
101,2	99,7	1,5	751,96	793,26	0,948
					0,950

40% раствор

65,2	63,45	1,75	174,95	189,22	0,924
66,95	65,2	1,75	189,22	204,55	0,925
75,5	73,65	1,85	273,17	295,25	0,925
79,2	77,3	1,90	318,06	343,82	0,925
102,05	99,9	2,15	757,32	817,36	0,926
					0,925

50% раствор

66,4	63,65	2,75	176,54	199,66	0,884
80,2	77,25	2,95	317,4	358,02	0,887
103,3	100,0	3,3	760,0	854,1	0,890
					0,887

60% раствор

68,3	64,2	4,1	180,94	217,05	0,834
80,6	76,2	4,4	303,94	363,86	0,835
79,6	75,2	4,4	291,56	349,46	0,834
105,05	99,95	5,1	759,96	907,69	0,836
					0,835

70% раствор

69,45	63,05	6,4	171,8	228,2	0,753
79,7	72,75	6,95	262,93	350,87	0,749
80,4	73,4	7,0	270,3	360,94	0,749
108,0	99,9	8,1	757,32	1004,4	0,754
					0,751

Температуры кипения и упругости паров водных растворов левулезы

Температура кипения раствора	Температура кипения воды	Повышение температуры кипения	Рр—упругость пара раствора при его кипении	Р—упругость пара воды при температуре кипения раствора	Р раствора Р воды
<i>10% раствор</i>					
78,85	78,5	0,4	334,15	339,63	0,984
100,6	100,15	0,45	764,14	776,56	0,984
					0,984
<i>20% раствор</i>					
68,4	62,7	0,7	169,12	174,56	0,969
78,55	77,8	0,75	324,66	334,84	0,970
100,6	99,75	0,85	753,3	776,98	0,970
					0,970
<i>30% раствор</i>					
65,45	64,2	1,15	181,76	191,37	0,950
79,0	77,75	1,25	324,0	341,0	0,950
101,4	99,85	1,55	755,98	798,92	0,946
					0,949
<i>40% раствор</i>					
66,3	64,6	1,7	184,22	198,77	0,926
68,2	66,85	1,75	203,66	219,91	0,926
76,5	73,6	1,9	272,6	295,25	0,923
77,4	75,45	1,95	294,63	319,38	0,923
102,1	99,75	2,35	758,3	818,82	0,920
					0,924
<i>50% раствор</i>					
66,4	63,7	2,7	176,98	199,66	0,886
69,3	66,55	2,75	200,99	226,7	0,886
78,8	75,9	2,9	300,17	338,26	0,887
80,35	77,4	2,95	319,38	360,21	0,886
102,95	99,7	3,25	751,96	843,64	0,891
					0,887
<i>60% раствор</i>					
68,0	63,9	4,1	178,51	214,21	0,833
80,2	75,75	4,45	298,53	358,02	0,834
105,2	100,05	5,15	761,88	819,46	0,834
					0,834
<i>70% раствор</i>					
70,3	64,05	6,25	179,71	236,61	0,760
81,1	74,3	6,8	280,77	371,22	0,756
108,1	100,1	8,0	762,76	1007,85	0,757
					0,758
<i>80% раствор</i>					
74,4	63,2	11,2	172,98	281,96	0,613
86,5	68,6	11,9	219,9	362,4	0,608
114,1	100,2	13,9	765,52	1231,65	0,622
					0,614

Таблица IV

Температуры кипения и упругости паров водных растворов карамели

Т кипения раствора	Т кипения воды	Повыш. Т кипения	Рр при его кипании	Рв при Т кипения раствора	Р раствора Р воды
<i>70% раствор</i>					
67,5	63,15	4,35	172,59	209,6	0,823
81,4	76,65	4,75	309,63	375,78	0,824
104,85	99,6	5,25	749,28	901,45	0,831
					0,826
<i>60% раствор</i>					
66,9	64,4	2,5	182,58	204,11	0,895
80,3	77,6	2,7	322,02	359,66	0,895
102,6	99,7	2,9	751,96	833,42	0,902
					0,897
<i>50% раствор</i>					
66,2	64,55	1,65	183,81	197,88	0,929
80,5	78,6	1,9	335,52	362,4	0,926
101,6	99,6	2,0	749,28	804,58	0,931
					0,929
<i>40% раствор</i>					
64,8	63,8	1,0	177,72	185,86	0,956
80,1	78,85	1,25	338,95	356,56	0,951
100,75	99,5	1,25	746,6	780,7	0,956
					0,954
<i>30% раствор</i>					
63,9	63,2	0,7	172,98	178,51	0,969
79,3	78,5	0,8	334,15	345,23	0,968
100,3	99,5	0,8	746,6	768,28	0,972
					0,970
<i>20% раствор</i>					
64,3	63,85	0,45	178,12	181,76	0,980
79,4	78,9	0,5	339,63	346,56	0,980
100,1	99,6	0,5	749,28	762,76	0,982
					0,981
<i>10% раствор</i>					
78,8	78,55	0,25	334,84	338,26	0,990
100,45	100,2	0,25	765,52	772,42	0,991
					0,990

*Температуры кипения и упругости
паров водных растворов карамели на инверте*

Таблица V

Т кипения раствора	Т кипения воды	Повыш. Т кипения	Рр при его кипении	Рв при Т кипения раствора	Р раствора Р воды
<i>70% раствор</i>					
67,3	62,15	5,15	164,94	207,76	0,794
80,3	74,7	5,6	285,53	359,48	0,794
106,3	100,0	6,3	760,0	947,71	0,802
					0,797
<i>60% раствор</i>					
67,35	64,2	3,15	180,94	208,22	0,869
80,55	77,2	3,35	316,76	363,03	0,873
103,5	99,8	3,7	754,64	860,1	0,877
					0,873
<i>50% раствор</i>					
65,9	63,9	2,0	178,51	195,24	0,914
80,6	78,5	2,1	334,15	363,86	0,918
102,4	100,0	2,4	760	827,58	0,918
					0,917
<i>40% раствор</i>					
64,5	63,3	1,2	173,77	183,4	0,947
80,4	79,1	1,3	342,41	360,94	0,949
101,45	100,0	1,45	760	800,34	0,950
					0,949
<i>30% раствор</i>					
64,1	63,3	0,8	173,77	180,12	0,965
79,9	79,0	0,9	341,0	353,69	0,964
101,0	99,9	1,1	757,32	787,6	0,962
					0,964
<i>20% раствор</i>					
64,1	63,6	0,5	176,14	180,12	0,978
79,6	79,05	0,55	341,71	349,46	0,978
100,5	99,9	0,6	757,32	773,8	0,979
					0,978
<i>10% раствор</i>					
79,65	79,4	0,25	346,64	350,17	0,990
100,15	99,9	0,25	757,32	764,14	0,991
					0,990

Приведенные в таблицах I—V данные взяты из проведенных опытов. Как видно из приведенных данных отношение

$$\frac{P \text{ раствора}}{P \text{ воды}}$$

для каждого из растворов мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели остаются в пределах точности опытов постоянными то есть не зависят от температуры.

По полученным результатам составлены приводимые ниже таблицы и кривые повышения температур кипения растворов мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели для различных концентраций и при различных давлениях.

Таблица VI

*Повышение температуры
кипения растворов мальтозы при различном давлении*

Концентр. в %	Давлен.	Давлен.	Давлен.	Давлен.	Давлен.	Давлен.
	149,4	233,1	355,1	525,8	760	1074,6
	Т кип.	Т кип.	Т кип.	Т кип.	Т кип.	Т кип.
	в. 60	в. 70	в. 80	в. 90	в. 100	в. 110
10	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25
20	0,35	0,35	0,4	0,4	0,45	0,45
30	0,5	0,5	0,55	0,6	0,6	0,65
40	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
50	0,85	1,05	1,1	1,2	1,25	1,35
60	1,7	1,8	1,95	2,05	2,2	2,35
70	2,5	2,7	2,9	3,05	3,25	3,45

Таблица VII

*Повышение температуры
кипения растворов глюкозы при различном давлении*

Концентр. в %	Давлен.	Давлен.	Давлен.	Давлен.	Давлен.
	149,4 мм	233,7 мм	355,1 мм	525,8 мм	760 мм
	Т кип.	Т кип.	Т кип.	Т кип.	Т кип.
	воды 60	воды 70	воды 80	воды 90	воды 100
10	0,3	0,3	0,35	0,35	0,4
20	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
30	1,1	1,15	1,25	1,35	1,45
40	1,75	1,8	1,9	2,0	2,15
50	2,55	2,75	2,95	3,15	3,35
60	4,0	4,2	4,45	4,75	5,1
70	6,3	6,6	7,0	7,5	8,1

*Повышение температуры
кипения растворов леулезы при различном давлении*

Концентр. в %	Давлен. 149,4 Т кип. в. 60	Давлен. 233,7 Т кип. в. 70	Давлен. 355,1 Т кип. в. 80	Давлен. 525,8 Т кип. в. 90	Давлен. 760 Т кип. в. 100	Давлен. 1074,6 Т кип. в. 110
10	0,85	0,85	0,4	0,4	0,45	0,5
20	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
30	1,1	1,2	1,3	1,35	1,45	1,55
40	1,7	1,8	1,95	2,05	2,2	2,35
50	2,55	2,75	2,95	3,15	3,35	3,55
60	3,85	4,15	4,4	4,7	5,0	5,3
70	5,85	6,25	6,7	7,15	7,6	8,05
80	10,15	10,85	11,6	12,35	13,1	13,9

Таблица IX

*Повышение температуры
кипения растворов карамели при различном давлении¹⁾*

Концентр. в %	Давлен. 149,4 Т кип. в. 60	Давлен. 233,7 Т кип. в. 70	Давлен. 355,1 Т кип. в. 80	Давлен. 525,8 Т кип. в. 90	Давлен. 760 Т кип. в. 100	Давлен. 1074,9 Т кип. в. 110
10	0,2	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3
20	0,4	0,45	0,5	0,5	0,55	0,6
30	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
40	1,0	1,1	1,15	1,25	1,3	1,4
50	1,6	1,7	1,8	1,95	2,05	2,2
60	2,35	2,5	2,65	2,85	3,0	3,2
70	4,05	4,35	4,65	4,95	5,25	5,6

¹⁾ Карамель готовилась по нормальной рецептуре (100 гр. сахара + 50 гр. патоки).

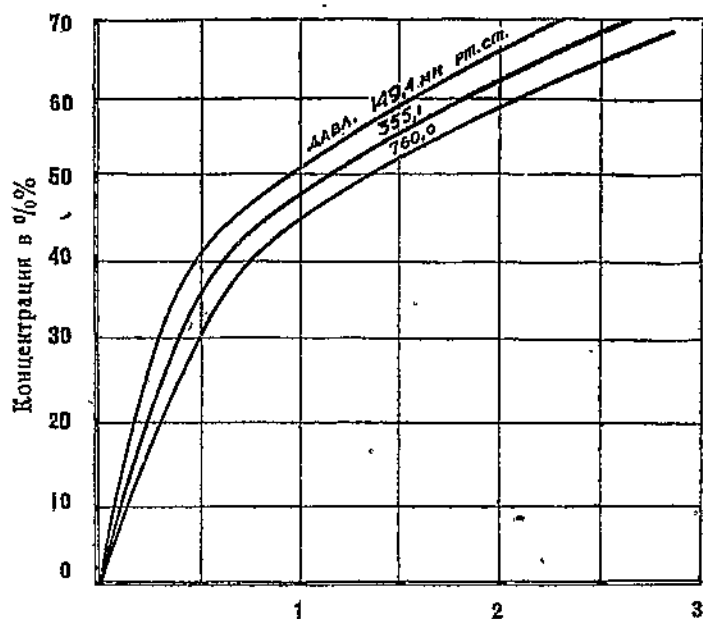
Таблица X

*Повышение температуры
кипения растворов карамели на инверте при различном давлении¹⁾*

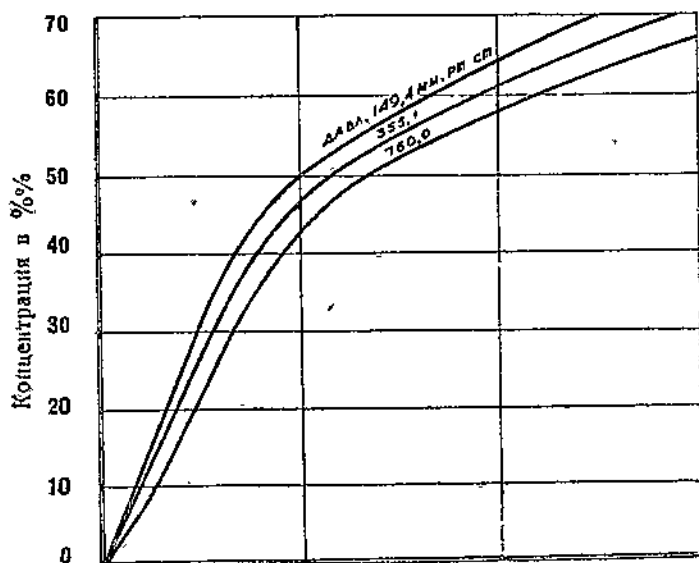
Концентр. в %	Температура кипения воды в °C					
	Давлен. 149,4 мм	233,7 мм	355,1 мм	525,8 мм	760 мм	1074,6 мм
	60	70	80	90	100	110
10	0,2	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3
20	0,5	0,5	0,55	0,6	0,6	0,65
30	0,8	0,85	0,9	1,0	1,05	1,1
40	1,15	1,2	1,3	1,35	1,45	1,55
50	1,9	2,0	2,1	2,25	2,4	2,55
60	2,9	3,1	3,35	3,55	3,75	4,0
70	4,8	5,15	5,5	5,85	6,25	6,65

¹⁾ Карамель приготовлена из сахарозы и инвертного сахара; в готовой карамели 22% инвертного сахара.

Повышение температуры кипения растворов мальтозы в зависимости от концентрации при различных давлениях

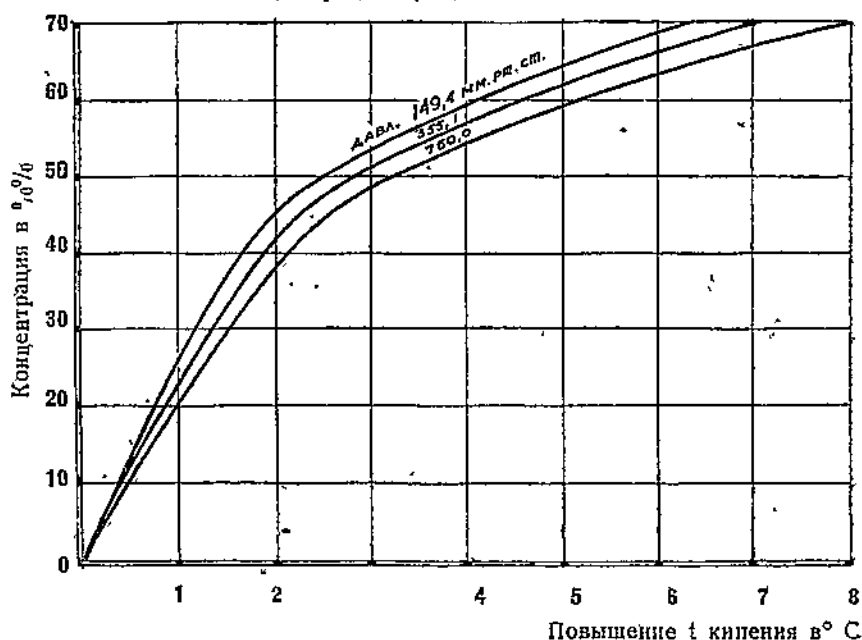


Повышение температуры кипения растворов декстрозы в зависимости от концентрации при различных давлениях

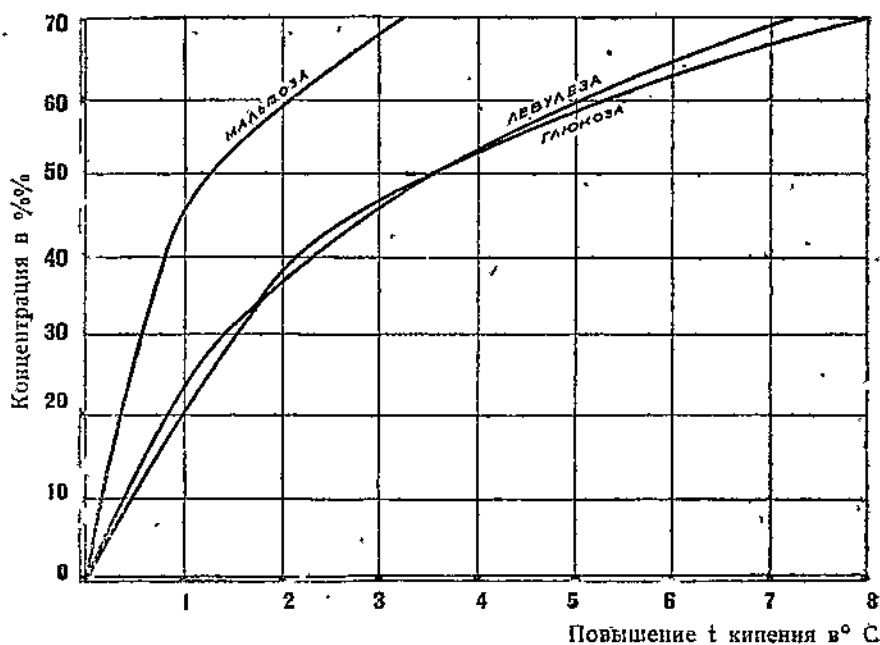


Повышение t кипения в °C

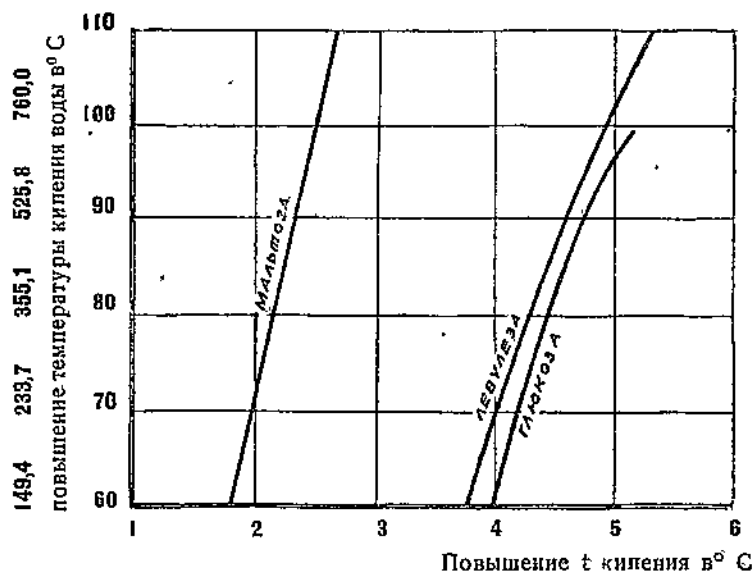
Повышение температуры кипения растворов левулезы в зависимости от концентрации при различных давлениях



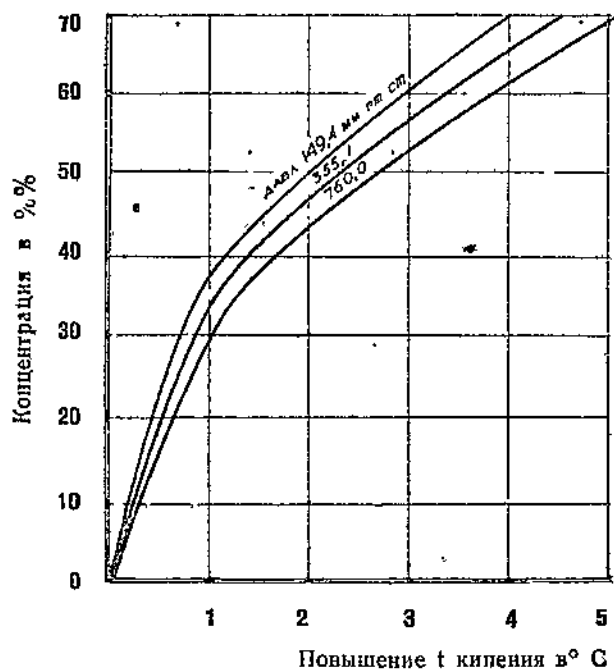
Повышение температуры кипения растворов сахаров в зависимости от концентрации при нормальной давлении



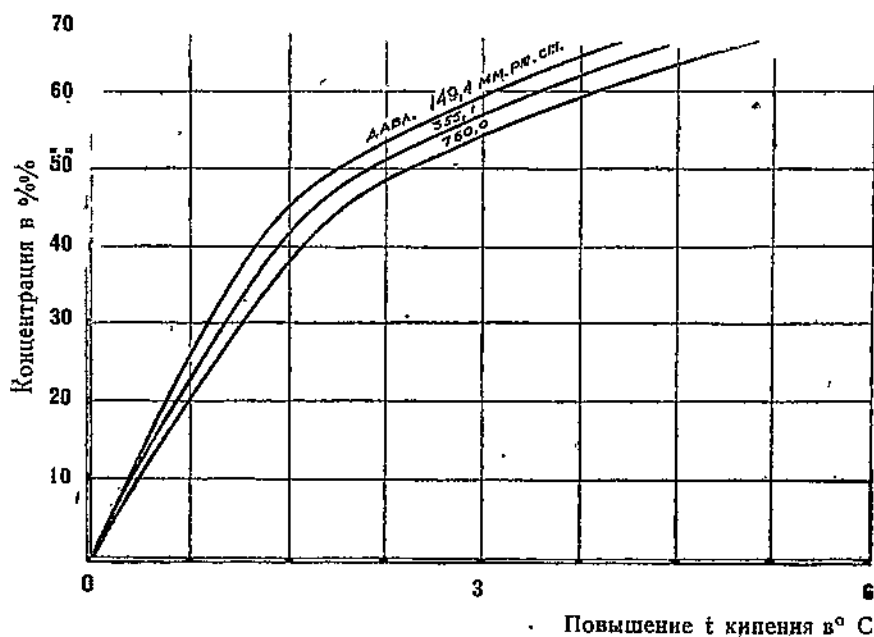
Повышение температуры кипения 60% растворов сахара в зависимости от давления



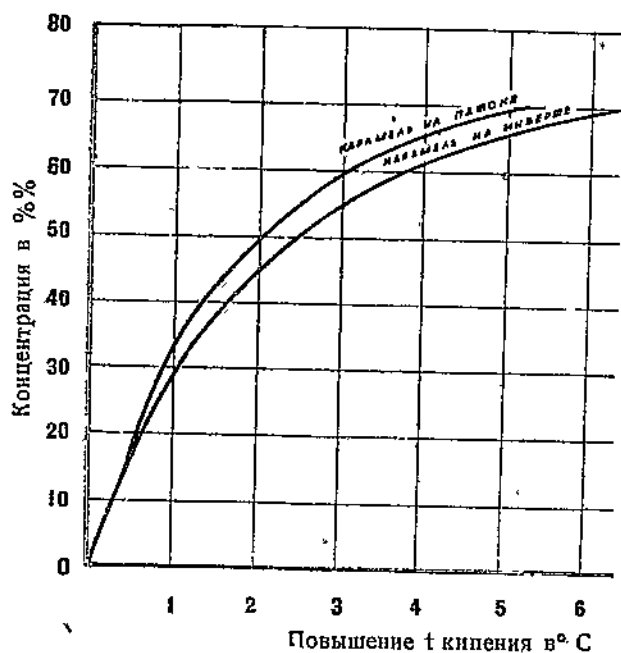
Повышение температуры кипения растворов карамели на патоке в зависимости от концентрации при различном давлении



Повышение температуры кипения растворов карамели на инверте в зависимости от концентрации при различном давлении



Повышение температуры кипения растворов карамели в зависимости от концентрации при нормальном давлении



Из приведенных данных следует, что с увеличением концентрации растворов исследованных сахаров и карамели быстро идет вверх кривая повышения температур кипения и, следовательно, вывод Рауля о прямо пропорциональной зависимости повышения температур кипения от увеличения числа молекул растворенного вещества для концентрированных растворов мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели не применим.

Эти отклонения от закона Рауля в концентрированных растворах мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели могут быть объяснены гидротацией растворенного вещества. При значительной концентрации растворов молекула растворенного вещества связывается с несколькими молекулами растворителя, уменьшая таким образом количество свободного растворителя. Концентрация раствора становится большей, что и сказывается на повышении температур кипения.

Опытный закон Бабо, как вытекает из приведенных данных, может быть применен к растворам мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели, не только разбавленным, но и концентрированным. Полученные результаты разрешают также сделать вывод о изменяемости повышения температур кипения растворов мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели с изменением давления.

По проведенным определениям составлена таблица XI, в которой приводится отношение $\frac{P \text{ раствора}}{P \text{ воды}}$ для растворов мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели различной концентрации. Эти данные с некоторым приближением могут быть приняты постоянными для любых температур.

Таблица XI

Отношение упругости пара раствора
к упругости пара воды при различных концентрациях

$\frac{P \text{ раствора}}{P \text{ воды}}$ Концентр.	Мальтоза	Глюкоза	Левулеза	Карамель	
				На патоке	На инверте
10	0,992	0,986	0,984	0,990	0,990
20	0,985	0,973	0,970	0,981	0,978
30	0,978	0,950	0,949	0,970	0,964
40	0,970	0,925	0,924	0,954	0,949
50	0,956	0,887	0,887	0,929	0,917
60	0,924	0,835	0,834	0,897	0,873
70	0,869	0,751	0,758	0,826	0,797

Принимая значения $\frac{P \text{ раствора}}{P \text{ воды}}$ постоянными для различных температур, составлены таблицы упругостей пара растворов мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели.

Таблица XII

Упругость паров растворов мальтозы при различных температурах

Концентр.	Температ.								
		40	50	60	70	80	90	100	110
0		55,3	92,5	149,4	233,7	355,1	525,8	760	1074,6
10		54,86	91,76	148,2	231,83	352,26	521,59	753,92	1068,0
20		54,47	91,11	147,16	230,19	349,77	517,91	748,6	1058,48
30		54,08	90,47	146,11	228,56	347,29	514,23	743,28	1050,96
40		53,64	89,73	144,92	226,69	344,45	510,03	737,2	1042,36
50		52,87	88,43	142,83	223,42	339,48	502,66	726,56	1027,32
60		51,10	85,47	138,05	215,94	323,11	485,84	702,24	992,93
70		49,16	82,23	132,82	207,76	315,68	467,44	675,64	955,32

Таблица XIII

Упругость паров растворов глюкозы при различных температурах

Концентр.	Температ.								
		40	50	60	70	80	90	100	110
0		55,3	92,5	149,4	233,7	355,1	525,8	760,0	1074,6
10		54,52	91,2	147,3	230,42	350,12	518,43	749,36	1059,55
20		53,81	90,0	145,36	227,39	345,51	511,60	739,48	1045,58
30		52,58	87,87	149,93	222,01	337,34	499,51	722,0	1020,87
40		51,15	85,56	138,19	216,17	328,46	486,36	703,0	994,0
50		49,05	82,05	132,52	207,29	314,97	466,38	674,12	953,17
60		46,17	77,23	124,74	195,13	296,5	439,04	634,60	897,29
70		41,53	69,46	112,19	175,5	266,68	394,87	570,76	807,02

Таблица XIV

Упругость паров растворов левоулезы при различных температурах

Концентр.	Температ.								
		40	50	60	70	80	90	100	110
0		55,3	92,5	149,4	233,7	355,1	525,8	760	1074,6
10		54,42	91,02	147,01	229,96	349,42	517,39	747,84	1057,41
20		53,64	89,73	144,92	226,69	344,45	510,03	737,2	1042,36
30		52,48	87,78	141,78	221,78	336,99	498,98	721,24	1019,8
40		51,1	85,47	138,05	215,94	323,11	485,84	702,24	992,93
50		49,05	82,05	132,52	207,29	314,97	466,38	674,12	953,17
60		46,12	77,15	124,6	194,91	296,15	438,52	633,84	896,22
70		41,92	70,12	113,25	177,14	269,17	398,56	576,08	814,55
80		33,95	56,8	91,73	143,49	218,03	322,84	466,64	659,8

Таблица XV

Упругость паров растворов карамели при различных температурах¹⁾

Т, °С	40	50	60	70	80	90	100	110
Конс. нтр.								
0	55,3	92,5	149,4	233,7	355,1	525,8	760	1074,6
10	54,75	91,58	147,91	231,36	351,55	520,54	752,4	1063,85
20	54,25	90,74	146,56	229,26	348,35	515,81	745,56	1054,18
30	53,64	89,78	144,92	226,69	344,45	510,03	737,2	1042,36
40	52,78	88,25	142,53	222,95	338,77	501,61	725,07	1025,17
50	51,37	85,93	138,79	217,11	329,89	488,47	706,04	998,30
60	49,60	82,97	134,01	209,63	318,52	471,64	681,72	963,92
70	45,68	76,41	123,40	193,04	293,31	434,31	627,76	887,62

¹⁾ Карамель готовилась по нормальной рецептуре (100 гр. сахара + 50 гр. патоки).

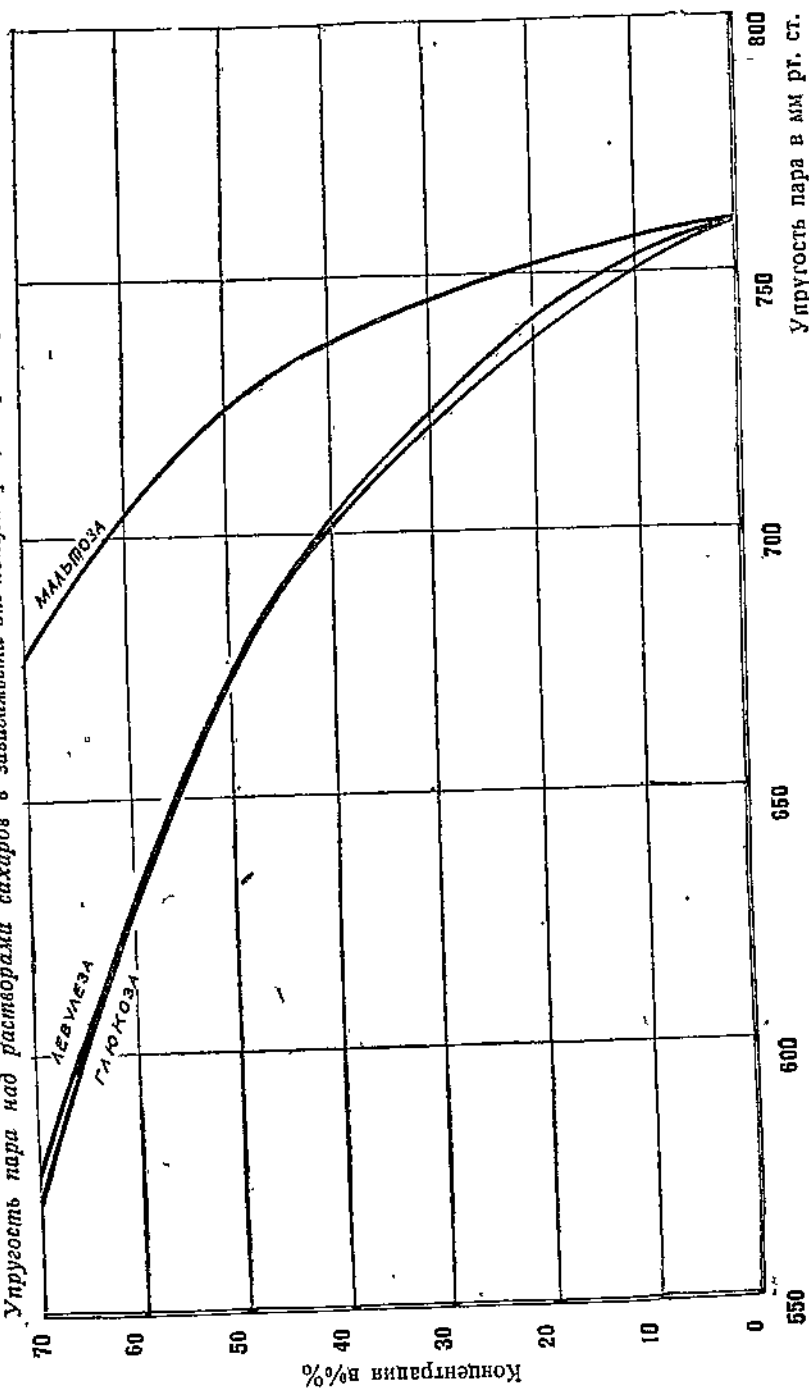
Таблица XVI

Упругость паров растворов карамели на инверте при различных температурах¹⁾

Температ.	40	50	60	70	80	90	100	110
Концентр.								
0	55,3	92,5	149,4	233,7	355,1	525,8	760,0	1074,6
10	54,75	91,58	147,91	231,36	351,55	520,54	752,4	1063,85
20	54,08	90,47	146,11	228,56	347,29	514,23	743,28	1050,96
30	53,31	89,17	144,02	225,29	342,32	506,87	732,64	1035,91
40	52,48	87,78	141,78	221,78	336,99	498,98	721,24	1019,80
50	50,71	84,82	137,00	214,30	325,63	482,16	696,92	985,41
60	48,28	80,75	130,43	204,02	310,00	459,02	663,48	938,13
70	44,07	73,72	119,07	186,26	283,01	419,06	605,72	856,46

¹⁾ Карамель приготовлена из сахарозы и инвертного сахара, в готовой карамели 22% инвертного сахара.

Упругость пара над растворами сахаров в зависимости от концентрации при нормальном давлении.



ВЫВОДЫ

1) Проведено определение повышений температур кипения растворов мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели различных концентраций (до 70%). При различных давлениях (до 760 мм. ртутного столба).

2) Кривая повышений температур кипения идет быстро вверх с увеличением концентраций растворов исследованных веществ, и для исследованных продуктов закон Рауля о прямо пропорциональном повышении температур кипения с увеличением концентрации не применим.

3. Повышение температур кипения растворов мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели одной и той же концентрации изменяется с изменением давления.

Увеличение давления ведет к увеличению повышения температур кипения растворов одной и той же концентрации. Для растворов, исследованных веществ, высокой концентрации, увеличение повышения температур кипения при увеличении давления достигает значительных величин.

4. Полученные результаты подтверждают эмпирический закон Бабо о том, что отношение упругости пара P_2 над раствором к упругости пара чистой воды P при той же температуре есть величина постоянная для данной концентрации, не зависящая от температуры кипения.

5. На основе проведенных исследований составлены таблицы повышений температур кипения растворов мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели при различных давлениях и таблицы упругости пара растворов мальтозы, декстрозы, левулезы и карамели при различных температурах.

Младший научный сотрудник	Шлифштейн Р. И.
Старший лаборант	Гаврилова В. А.
Научный руководитель кандидат техническ. наук	Соколовский А. Л.

*Плотность и рефракция
водных растворов
мальтозы (гидрат),
декстрозы и левулезы*

Для исследований применялись химически чистые сахара. Плотность (α) водных растворов мальтозы, декстрозы и левулезы определялась в пикнометрах и выражена в весовых % при $\frac{20^\circ}{4}$.

Рефракция водных растворов мальтозы, декстрозы и левулезы определялась рефрактометром Цейса при 20° в весовых %. Все взвешивания проведены на аналитических весах с точностью до 0,0001 гр. Применявшиеся пикнометры и колбы были прокальброваны.

Определение содержания гидрата мальтозы по плотности ее водных растворов при 20°C $\left(\frac{20}{4}\right)$

% мальтоз	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,99823	0,99860	0,99897	0,99934	0,99971	1,00008	1,00045	1,00082	1,00119	0,00156
1	1,00193	1,00230	1,00268	1,00305	1,00343	1,00380	1,00418	1,00455	1,00493	1,00530
2	1,00567	1,00605	1,00642	1,00680	1,00717	1,00755	1,00792	1,00830	1,00867	1,00905
3	1,00943	1,00981	1,01019	1,01056	1,01094	1,01132	1,01170	1,01208	1,01246	1,01284
4	1,01322	1,01360	1,01398	1,01437	1,01475	1,01513	1,01552	1,01590	1,01628	1,01667
5	1,01705	1,01743	1,01782	1,01821	1,01859	1,01898	1,01937	1,01975	1,02014	1,02053
6	1,02092	1,02131	1,02170	1,02208	1,02247	1,02286	1,02325	1,02364	1,02403	1,02442
7	1,02481	1,02520	1,02559	1,02598	1,02637	1,02676	1,02715	1,02754	1,02794	1,02833
8	1,02872	1,02911	1,02950	1,02989	1,03028	1,03068	1,03107	1,03146	1,03185	1,03224
9	1,03264	1,03303	1,03342	1,03381	1,03420	1,03460	1,03499	1,03538	1,03577	1,03617
10	1,03657	1,03696	1,03735	1,03775	1,03814	1,03854	1,03893	1,03932	1,03972	1,04011
11	1,04051	1,04091	1,04130	1,04170	1,04209	1,04249	1,04288	1,04328	1,04368	1,04408
12	1,04448	1,04488	1,04528	1,04568	1,04608	1,04648	1,04688	1,04728	1,04768	1,04808
13	1,04848	1,04888	1,04928	1,04968	1,05009	1,05049	1,05090	1,05130	1,05170	1,05211
14	1,05251	1,05292	1,05332	1,05373	1,05413	1,05454	1,05494	1,05535	1,05575	1,05616
15	1,05657	1,05698	1,05738	1,05779	1,05820	1,05861	1,05902	1,05943	1,05984	1,06025
16	1,06066	1,06107	1,06148	1,06189	1,06231	1,06272	1,06314	1,06355	1,06396	1,06438
17	1,06479	1,06521	1,06562	1,06604	1,06645	1,06687	1,06728	1,06770	1,06811	1,06853
18	1,06895	1,06937	1,06979	1,07021	1,07063	1,07105	1,07147	1,07189	1,07231	1,07273
19	1,07315	1,07357	1,07399	1,07441	1,07484	1,07526	1,07568	1,07610	1,07653	1,07695
20	1,07737	1,07780	1,07822	1,07865	1,07907	1,07950	1,07992	1,08035	1,08077	1,08120
21	1,08163	1,08206	1,08248	1,08291	1,08334	1,08377	1,08420	1,08463	1,08506	1,08549
22	1,08592	1,08635	1,08678	1,08721	1,08764	1,08807	1,08850	1,08893	1,08936	1,08979
23	1,09023	1,09067	1,09110	1,09154	1,09197	1,09241	1,09284	1,09328	1,09371	1,09415

Определение содержания декстрозы по плотности ее водных растворов при 20°C $\left(\frac{20}{d} \right)$

% дек- стры	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,99823	0,99861	0,99899	0,99937	0,99975	1,00013	1,00051	1,00089	1,00127	1,00166
1	1,00204	1,00242	1,00280	1,00319	1,00357	1,00395	1,00434	1,00472	1,00510	1,00549
2	1,00587	1,00626	1,00664	1,00703	1,00741	1,00780	1,00818	1,00857	1,00895	1,00934
3	1,00973	1,01012	1,01051	1,01090	1,01129	1,01167	1,01206	1,01245	1,01284	1,01323
4	1,01362	1,01401	1,01440	1,01479	1,01518	1,01557	1,01596	1,01635	1,01674	1,01713
5	1,01752	1,01791	1,01830	1,01870	1,01909	1,01949	1,01988	1,02028	1,02067	1,02107
6	1,02146	1,02185	1,02224	1,02264	1,02303	1,02343	1,02382	1,02422	1,02461	1,02501
7	1,02540	1,02580	1,02620	1,02659	1,02699	1,02739	1,02778	1,02818	1,02858	1,02897
8	1,02937	1,02977	1,03017	1,03057	1,03097	1,03137	1,03177	1,03217	1,03257	1,03297
9	1,03337	1,03377	1,03417	1,03458	1,03498	1,03538	1,03579	1,03619	1,03659	1,03700
10	1,03740	1,03780	1,03821	1,03861	1,03902	1,03943	1,03983	1,04023	1,04064	1,04104
11	1,04145	1,04186	1,04227	1,04268	1,04309	1,04349	1,04390	1,04431	1,04472	1,04513
12	1,04554	1,04595	1,04636	1,04677	1,04718	1,04759	1,04800	1,04842	1,04883	1,04924
13	1,04965	1,05006	1,05047	1,05089	1,05130	1,05172	1,05213	1,05255	1,05296	1,05338
14	1,05379	1,05421	1,05462	1,05504	1,05545	1,05587	1,05628	1,05670	1,05711	1,05753
15	1,05795	1,05837	1,05879	1,05921	1,05963	1,06004	1,06046	1,06088	1,06130	1,06172
16	1,06214	1,06256	1,06298	1,06340	1,06382	1,06424	1,06466	1,06508	1,06550	1,06592
17	1,06634	1,06676	1,06718	1,06761	1,06803	1,06845	1,06888	1,06930	1,06972	1,07015
18	1,07057	1,07100	1,07142	1,07185	1,07227	1,07270	1,07312	1,07355	1,07397	1,07440
19	1,07483	1,07526	1,07569	1,07612	1,07655	1,07698	1,07741	1,07784	1,07827	1,07870
20	1,07913	1,07956	1,07999	1,08042	1,08086	1,08129	1,08172	1,08215	1,08259	1,08302
21	1,08345	1,08388	1,08432	1,08475	1,08519	1,08562	1,08606	1,08649	1,08693	1,08736
22	1,08780	1,08824	1,08868	1,08912	1,08956	1,08999	1,09043	1,09087	1,09131	1,09175
23	1,09219	1,09263	1,09307	1,09351	1,09395	1,09439	1,09484	1,09528	1,09572	1,09616

24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55

1,09704	1,09749	1,09793	1,09838	1,09882	1,09971	1,10016	1,10060
1,10150	1,10195	1,10240	1,10284	1,10329	1,10374	1,10463	1,10508
1,10598	1,10648	1,10698	1,10733	1,10778	1,10823	1,10913	1,10958
1,11048	1,11091	1,11139	1,11185	1,11230	1,11276	1,11367	1,11412
1,11504	1,11550	1,11595	1,11641	1,11687	1,11732	1,11824	1,11869
1,11961	1,12007	1,12053	1,12099	1,12145	1,12191	1,12283	1,12329
1,12421	1,12467	1,12514	1,12560	1,12607	1,12653	1,12746	1,12793
1,12938	1,12979	1,13026	1,13073	1,13119	1,13166	1,13213	1,13259
1,13400	1,13447	1,13494	1,13541	1,13589	1,13636	1,13683	1,13730
1,13871	1,13919	1,13965	1,14013	1,14061	1,14108	1,14155	1,14203
1,14345	1,14393	1,14440	1,14488	1,14535	1,14583	1,14630	1,14678
1,14822	1,14870	1,14918	1,14966	1,15014	1,15062	1,15110	1,15158
1,15302	1,15351	1,15399	1,15447	1,15496	1,15544	1,15592	1,15641
1,15786	1,15835	1,15883	1,15932	1,15980	1,16029	1,16077	1,16126
1,16278	1,16322	1,16369	1,16420	1,16469	1,16518	1,16567	1,16616
1,16768	1,16818	1,16862	1,16912	1,16961	1,17011	1,17060	1,17110
1,17259	1,17308	1,17358	1,17407	1,17457	1,17506	1,17556	1,17605
1,17755	1,17805	1,17855	1,17905	1,17955	1,18006	1,18056	1,18106
1,18257	1,18307	1,18358	1,18408	1,18459	1,18509	1,18560	1,18610
1,18763	1,18814	1,18865	1,18916	1,18966	1,19017	1,19068	1,19119
1,19272	1,19324	1,19375	1,19426	1,19478	1,19529	1,19580	1,19632
1,19786	1,19838	1,19889	1,19941	1,19992	1,20044	1,20095	1,20147
1,20303	1,20355	1,20407	1,20458	1,20510	1,20562	1,20614	1,20666
1,20822	1,20874	1,20927	1,20979	1,21031	1,21083	1,21136	1,21188
1,21345	1,21398	1,21450	1,21503	1,21555	1,21608	1,21660	1,21713
1,21872	1,21925	1,21978	1,22030	1,22083	1,22136	1,22189	1,22242
1,22401	1,22455	1,22508	1,22562	1,22615	1,22669	1,22722	1,22776
1,22937	1,22990	1,23044	1,23098	1,23152	1,23205	1,23259	1,23313
1,23475	1,23529	1,23583	1,23637	1,23691	1,23746	1,23800	1,23854
1,24017	1,24071	1,24126	1,24180	1,24235	1,24289	1,24344	1,24398
1,24563	1,24618	1,24673	1,24727	1,24782	1,24837	1,24892	1,24947
1,25112	1,25168	1,25223	1,25278	1,25334	1,25389	1,25444	1,25500

Определение содержания асбесты по плотности ее водных растворов при 20°C ($\frac{20}{4}$)

% асбест	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,99823	0,99861	0,99900	0,99939	0,99978	1,00017	1,00056	1,00095	1,00134	1,00173
1	1,00212	1,00251	1,00290	1,00329	1,00368	1,00408	1,00447	1,00486	1,00525	1,00565
2	1,00604	1,00643	1,00682	1,00722	1,00761	1,00801	1,00840	1,00880	1,00919	1,00959
3	1,00998	1,01038	1,01077	1,01117	1,01156	1,01196	1,01235	1,01275	1,01314	1,01354
4	1,01394	1,01434	1,01474	1,01514	1,01553	1,01593	1,01633	1,01673	1,01712	1,01752
5	1,01792	1,01832	1,01872	1,01913	1,01953	1,01993	1,02034	1,02074	1,02114	1,02155
6	1,02195	1,02235	1,02276	1,02316	1,02357	1,02397	1,02438	1,02478	1,02518	1,02559
7	1,02600	1,02641	1,02682	1,02722	1,02763	1,02804	1,02845	1,02885	1,02926	1,02967
8	1,03008	1,03049	1,03090	1,03131	1,03172	1,03212	1,03253	1,03294	1,03335	1,03376
9	1,03417	1,03458	1,03499	1,03541	1,03582	1,03623	1,03665	1,03706	1,03747	1,03789
10	1,03830	1,03872	1,03914	1,03955	1,03997	1,04039	1,04080	1,04122	1,04164	1,04205
11	1,04247	1,04289	1,04331	1,04373	1,04414	1,04456	1,04498	1,04540	1,04582	1,04624
12	1,04666	1,04708	1,04750	1,04792	1,04835	1,04877	1,04919	1,04961	1,05003	1,05046
13	1,05088	1,05131	1,05173	1,05216	1,05258	1,05301	1,05343	1,05386	1,05428	1,05471
14	1,05514	1,05557	1,05600	1,05643	1,05686	1,05728	1,05771	1,05814	1,05857	1,05900
15	1,05943	1,05988	1,06029	1,06073	1,06116	1,06159	1,06203	1,06246	1,06289	1,06333
16	1,06376	1,06419	1,06462	1,06506	1,06549	1,06593	1,06636	1,06680	1,06723	1,06767
17	1,06810	1,06854	1,06898	1,06941	1,06985	1,07029	1,07072	1,07116	1,07160	1,07203
18	1,07247	1,07291	1,07335	1,07379	1,07422	1,07466	1,07510	1,07554	1,07597	1,07641
19	1,07685	1,07729	1,07773	1,07817	1,07861	1,07905	1,07950	1,07994	1,08038	1,08082
20	1,08126	1,08170	1,08214	1,08259	1,08303	1,08347	1,08392	1,08436	1,08480	1,08525
21	1,08569	1,08614	1,08659	1,08704	1,08749	1,08793	1,08838	1,08883	1,08927	1,08972
22	1,09017	1,09062	1,09107	1,09152	1,09197	1,09242	1,09288	1,09333	1,09378	1,09423
23	1,09468	1,09513	1,09559	1,09604	1,09650	1,09695	1,09741	1,09786	1,09832	1,09877

24 1,09923
25 1,10881
26 1,10842
27 1,11305
28 1,11776
29 1,12251
30 1,12729
31 1,13212
32 1,13696
33 1,14187
34 1,14681
35 1,15178
36 1,15682
37 1,16190
38 1,16702
39 1,17218
40 1,17738
41 1,18262
42 1,18793
43 1,19327
44 1,19865
45 1,20407
46 1,20955
47 1,21507
48 1,22062
49 1,22627
50 1,23197
51 1,23771
52 1,24351
53 1,24934
54 1,25521
55 1,26114

1,09969
1,10427
1,10888
1,11352
1,11823
1,12299
1,12777
1,13260
1,13745
1,14236
1,14731
1,15228
1,15733
1,16241
1,16754
1,17270
1,17790
1,18316
1,18846
1,19381
1,19919
1,20462
1,21010
1,21562
1,22118
1,22684
1,23254
1,23839
1,24437
1,25032
1,25630
1,26234

1,10061
1,10519
1,10981
1,11446
1,11918
1,12395
1,12873
1,13357
1,13843
1,14335
1,14830
1,15329
1,15835
1,16343
1,16857
1,17374
1,17895
1,18422
1,18953
1,19489
1,20027
1,20572
1,21120
1,21673
1,22231
1,22798
1,23369
1,23945
1,24526
1,25110
1,25699
1,26295

1,10106
1,10565
1,11027
1,11493
1,11966
1,12442
1,12922
1,13405
1,13892
1,14384
1,14880
1,15379
1,15885
1,16395
1,16908
1,17426
1,17948
1,18475
1,19006
1,19542
1,20082
1,20626
1,21176
1,21784
1,22368
1,22955
1,23548
1,24143
1,24703
1,25286
1,25878
1,26415

1,10198
1,10658
1,11120
1,11588
1,12061
1,12538
1,13018
1,13502
1,13981
1,14463
1,14979
1,15480
1,15987
1,16497
1,17011
1,17530
1,18053
1,18581
1,19118
1,19650
1,20190
1,20736
1,21286
1,21840
1,22401
1,22969
1,23541
1,24119
1,24701
1,25286
1,25877
1,26476

1,10244
1,10704
1,11166
1,11635
1,12108
1,12586
1,13066
1,13551
1,14040
1,14533
1,15029
1,15531
1,16038
1,16548
1,17063
1,17582
1,18105
1,18634
1,19167
1,19704
1,20244
1,20791
1,21341
1,21895
1,22457
1,23026
1,23599
1,24177
1,24759
1,25345
1,25936
1,26536

1,10289
1,10750
1,11212
1,11682
1,12156
1,12633
1,13115
1,13599
1,14089
1,14582
1,15079
1,15581
1,16088
1,16600
1,17114
1,17634
1,18158
1,18687
1,19220
1,19751
1,20299
1,20845
1,21397
1,21951
1,22514
1,23086
1,23656
1,24235
1,24817
1,25404
1,25995
1,26596

1,10385
1,10796
1,11259
1,11729
1,12208
1,12681
1,13163
1,13648
1,14138
1,14632
1,15126
1,15632
1,16139
1,16651
1,17166
1,17686
1,18210
1,18740
1,19274
1,19811
1,20353
1,20900
1,21452
1,22006
1,22570
1,23140
1,23714
1,24293
1,24876
1,25462
1,26055
1,26657

*Определение содержания гидрата мальтозы в растворе
по показаниям цейсовского погружаемого рефрактометра Т 20° С.*

№ п/п	% мальтозы									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	14,0	14,35	14,70	15,10	15,45	15,80	16,20	16,55	16,90	17,30
1	17,65	18,00	18,35	18,75	19,10	19,50	19,85	20,25	20,60	21,00
2	21,35	21,70	22,05	22,45	22,80	23,20	23,55	23,95	24,30	24,70
3	25,05	25,40	25,80	26,15	26,55	26,90	27,30	27,65	28,05	28,40
4	28,80	29,15	29,55	29,90	30,30	30,65	31,05	31,40	31,80	32,15
5	32,55	32,95	33,30	33,70	34,05	34,45	34,80	35,20	35,55	35,95
6	36,35	36,75	37,10	37,50	37,85	38,25	38,60	39,00	39,35	39,75
7	40,15	40,55	40,95	41,30	41,70	42,05	42,45	42,85	43,20	43,60
8	44,00	44,40	44,80	45,15	45,55	45,95	46,30	46,70	47,10	47,50
9	47,90	48,30	48,70	49,05	49,45	49,85	50,20	50,60	51,00	51,40
10	51,80	52,20	52,60	52,95	53,35	53,75	54,10	54,50	54,90	55,30
11	55,70	56,10	56,50	56,85	57,25	57,65	58,05	58,45	58,85	59,25
12	59,65	60,05	60,45	60,85	61,25	61,65	62,05	62,45	62,85	63,30
13	63,70	64,10	64,50	64,90	65,30	65,75	66,15	66,55	66,95	67,40
14	67,80	68,20	68,60	69,05	69,45	69,85	70,30	70,70	71,10	71,55
15	71,95	72,40	72,80	73,25	73,65	74,10	74,50	74,95	75,35	75,80
16	76,25	76,70	77,15	77,55	78,00	78,45	78,85	79,30	79,75	80,20
17	80,65	81,10	81,55	82,00	82,40	82,85	83,30	83,75	84,20	84,65
18	85,10	85,55	86,00	86,45	86,85	87,30	87,75	88,20	88,65	89,10
19	89,55	90,00	90,45	90,90	91,35	91,80	92,25	92,70	93,15	93,65
20	94,10	94,55	95,00	95,45	95,90	96,35	96,80	97,25	97,70	98,20
21	98,65	99,10	99,55	100,00	100,50	100,95	101,40	101,85	102,35	102,80

Определение содержания декстрозы в растворе
по показаниям цейсовского погружаемого рефрактометра Т 20° С.

% дек- строзы	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	14,0	14,35	14,70	15,05	15,45	14,80	16,15	16,50	16,90	17,25
1	17,60	17,95	18,35	18,70	19,10	19,45	19,85	20,20	20,55	20,95
2	21,30	21,65	22,05	22,40	22,75	23,15	23,50	23,90	24,25	24,60
3	25,00	25,40	25,75	26,15	26,50	26,90	27,25	27,65	28,00	28,40
4	28,80	29,20	29,55	29,95	30,30	30,70	31,05	31,45	31,80	32,20
5	32,60	33,00	33,40	33,75	34,15	34,55	34,90	35,30	35,70	36,10
6	36,50	36,90	37,30	37,65	38,05	38,45	38,80	39,20	39,60	40,00
7	40,40	40,80	41,20	41,60	42,00	42,40	42,80	43,20	43,60	44,00
8	44,40	44,80	45,20	45,60	46,00	46,40	46,80	47,20	47,60	48,00
9	48,40	48,80	49,20	49,60	50,00	50,40	50,80	51,25	51,65	52,05
10	52,45	52,85	53,25	53,65	54,10	54,50	54,90	55,30	55,75	56,15
11	56,55	56,95	57,35	57,80	58,20	58,60	59,05	59,45	59,85	60,30
12	60,70	61,10	61,55	61,95	62,40	62,80	63,25	63,65	64,10	64,50
13	64,95	65,35	65,80	66,20	66,65	67,05	67,50	67,90	68,35	68,75
14	69,20	69,65	70,05	70,50	70,90	71,35	71,75	72,20	72,65	73,05
15	73,50	73,95	74,40	74,85	75,25	75,70	76,15	76,60	77,00	77,45
16	77,90	78,35	78,80	79,25	79,65	80,10	80,55	81,00	81,40	81,85
17	82,30	82,75	83,20	83,65	84,10	84,50	84,95	85,40	85,85	86,30
18	86,75	87,20	87,65	88,10	88,55	89,00	89,50	89,95	90,40	90,85
19	91,30	91,75	92,20	92,65	93,15	93,60	94,05	94,50	95,00	95,45
20	95,90	96,35	96,80	97,30	97,75	98,20	98,70	99,15	99,60	100,10
21	100,55	101,00	101,50	101,95	102,45	102,90	103,40	103,85	104,35	104,80

Определение содержания левулызы в растворе
по показаниям цейсовского погрузочного рефрактометра Т 20° С.

% леву- лазы	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	14,00	14,85	14,70	15,10	15,45	15,80	16,20	16,55	16,90	17,30
1	17,65	18,00	18,35	18,75	19,10	19,50	19,85	20,25	20,60	21,00
2	21,35	21,70	22,10	22,45	22,85	23,20	23,60	23,95	24,35	24,70
3	25,10	25,50	25,85	26,25	26,60	27,00	27,35	27,75	28,10	28,50
4	28,90	29,30	29,65	30,05	30,40	30,80	31,15	31,55	31,90	32,30
5	32,70	33,10	33,50	33,85	34,25	34,65	35,00	35,40	35,80	36,15
6	36,55	36,95	37,35	37,70	38,10	38,50	38,85	39,25	39,65	40,00
7	40,40	40,80	41,20	41,55	41,95	42,35	42,75	43,10	43,50	43,90
8	44,30	44,70	45,10	45,45	45,85	46,25	46,65	47,00	47,40	47,80
9	48,20	48,60	49,00	49,40	49,80	50,20	50,60	51,00	51,40	51,80
10	52,20	52,60	53,00	53,40	53,80	54,20	54,60	55,00	55,45	55,85
11	56,25	56,65	57,05	57,50	57,90	58,30	58,75	59,15	59,55	60,00
12	60,40	60,80	61,20	61,65	62,05	62,45	62,90	63,30	63,70	64,15
13	64,55	64,95	65,35	65,80	66,20	66,65	67,05	67,50	67,90	68,35
14	68,75	69,15	69,60	70,00	70,45	70,85	71,30	71,70	72,15	72,55
15	73,00	73,40	73,85	74,25	74,70	75,10	75,55	75,95	76,40	76,80
16	77,25	77,70	78,10	78,55	78,95	79,40	79,80	80,25	80,65	81,10
17	81,55	82,00	82,45	82,85	83,30	83,75	84,15	84,60	85,05	85,45
18	85,90	86,35	86,80	87,20	87,65	88,10	88,55	88,95	89,40	89,85
19	90,30	90,75	91,20	91,65	92,05	92,50	92,95	93,40	93,85	94,30
20	94,75	95,20	95,65	96,10	96,50	96,95	97,40	97,85	98,30	98,75
21	99,20	99,65	100,10	100,55	101,00	101,45	101,90	102,40	102,85	103,30
22	103,75	104,20	104,65	105,10	105,55	106,00	106,50	106,95	107,40	107,85

~~Цена 3 руб.~~

0-30

RLST



0000000364793

41405

1938