

а52808.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ БИОХИМИИ

БИОХИМИЯ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ

СБОРНИК ТРЕТИЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

12808

Депозитарий

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ БИОХИМИИ

1943

БИОХИМИЯ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ

СБОРНИК ТРЕТИЙ

11409372

12808



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1942 ЛЕНИНГРАД

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
чл.-корр. Академии Наук СССР
А. И. ОПАРИН

15. 6. 2. 2007

Редактор Н. И. Проскуряков

Л115422. Подписано к печати 21/XI 1942 г. Печ. 8 $\frac{1}{2}$. Уч.-изд. л. 13. Тираж 2000 экз. Заказ № 1704.

Цена 7 р. 60 к.

1-я Образцовая типография Огиза РСФСР треста „Полиграфкинг“. Москва, Валовая, 28.

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие	4
З. Ф. Фалунина. Влияние α -амилазы на физические свойства теста	5
А. И. Островский. К методике определения потерь сухого вещества муки при брожении теста	20
Л. Я. Ауэрман. Определение качества клейковины физическими методами	32
Н. И. Проскуряков и А. А. Бундель. Качество белков пшеничной муки и их ферментативная атакуемость	40
Н. И. Проскуряков и Е. В. Бухарина. Особенности протеазной системы зерна, пораженного клопом-черепашкой	83
Е. Г. Онischenko. Улучшение путем термической обработки хлебопекарных свойств муки из зерна, пораженного клопом-черепашкой	106
Н. И. Проскуряков и Р. И. Гринберг. Биохимические изменения в хлебе под влиянием картофельной болезни	120
К. Н. Чигова. Изменение крахмала в процессе выпечки хлеба	131

CONTENTS

Introduction	4
S. Falunina. The Influence of α -amylase on the physical Properties of Dough	18
A. Ostrovsky. On the Method for the Determination of the dry Material Losses in Flour during the Fermentation of Dough	31
L. Auerman. A physical Method for the Determination of the Gluten Quality	39
N. Proskuriakov and A. Bundel. The Quality of Wheat Flour Proteins and their Fermentative Attackability	83
N. Proskuriakov and E. Bucharina. The Characteristics of the Protease System in Grain damaged by Wheat Bugs	104
E. Onishchenko. The Improvement of the Properties of Flour and Grains damaged by Wheat Bugs by means of heat Treatment	119
N. Proskuriakov and R. Grinberg. Biochemical Changes in Bread influenced by the Potato Disease	130
K. Chigeova. Some Changes in Starch in the Process of Bread baking	139

ПРЕДИСЛОВИЕ

Третий сборник «Биохимия хлебопечения» содержит работы, являющиеся прямым продолжением тех исследований, которые были начаты Институтом биохимии Академии Наук СССР совместно с научными учреждениями хлебопекарной промышленности еще в 1937 г. Эти исследования вскрыли биохимические реакции, лежащие в основе технологического процесса хлебопечения, и объяснили те причины, от которых зависят хлебопекарные качества зерна и муки. Из созданной таким образом биохимической теории хлебопечения удалось сделать целый ряд практических выводов: установить известные показатели и нормы хлебопекарных качеств муки, дать методы составления «валок» (смешивания отдельных партий муки) и исправления недочетов муки в технологическом процессе. Все эти выводы были проверены в производственной обстановке на хлебозаводе имени Сталина. Этим закончился целый цикл исследований. Однако этот цикл является только начальным этапом, первым приближением к познанию тех сложных биохимических процессов, которые совершаются при получении хлеба. Для более полного и всестороннего овладения этими процессами в борьбе за гарантированное высокое качество хлеба необходимы дальнейшие углубленные исследования. В особенности это относится к очень сложному, но вместе с тем и исключительно важному белковому комплексу муки и его превращениям в процессе тестоведения, расстойки и выпечки. Вопрос этот приобрел сейчас особенно злободневное значение в связи с тем, что при поражении зерна клопом-черепашкой нарушается именно этот комплекс и для исправления такой дефектной муки необходимо восстановление свойств белков. Этим вопросам и уделяется главное внимание в настоящем сборнике. На ряду с ними в сборнике уделено известное место и вопросам методического характера, дальнейшая разработка и уточнение которых потребуют еще много сил и времени.

Чл.-корр. АН СССР А. И. Опарин

З. Ф. ФАЛУНИНА

ВЛИЯНИЕ α -АМИЛАЗЫ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА

(Из работ кафедры технологии хлебопечения Московского технологического института пищевой промышленности)

Среди технологов хлебопечения довольно распространено мнение, что фермент α -амилаза только ухудшает качество хлеба, в то время как β -амилаза не обладает таким отрицательным свойством. Между тем еще в 1917 г. появилась работа Ольсона, выявляющая двойственную природу фермента α -амилазы: в целом ряде случаев этот фермент может выступать в роли улучшителя хлеба. Вопрос о природе действия α -амилазы на тесто представляет очень большой интерес в практическом и теоретическом отношениях. В хлебопекарной промышленности широко используются так называемые хлебоулучшители, среди которых наибольшее значение имеют всевозможные мальцпрепараты. В этих препаратах содержится в активной форме фермент α -амилаза (на ряду с β -амилазой). Внесенные в определенном количестве в тесто мальцпрепараты, как правило, оказывают заметное улучшающее действие на хлеб. По мнению многих исследователей [1], это улучшающее действие мальцпрепаратов на хлеб происходит главным образом за счет действия фермента α -амилазы.

До сих пор остается неясным вопрос, влияет ли в данном случае указанный фермент только на величину газообразования теста или он оказывает влияние и на газодерживающую способность муки. Необходимость постановки данного вопроса вытекает из факта образования под действием α -амилазы заметного количества воднорастворимых веществ, влияние которых на коллоиды теста должно иметь место.

Целью настоящей работы и явилось стремление выяснить влияние α -амилазы на физические свойства теста. Полученный нами по методу Клиненберга [2] препарат α -амилазы был подвергнут тщательному испытанию на его активность и на загрязненность остаточной β -амилазой и протеолитическими ферментами.

При проверке активности препарата по методу Вольгемута в пробирке с 0.25 мл $1/1000$ энзимного раствора было получено фиолетовое окрашивание, в пробирке с 0.5 мл — пурпурное окрашивание и в пробирке с 1.0 мл — светложелтое окрашивание. Такую декстринирующую способность можно считать вполне достаточной для нашей работы. При трехкратной проверке чистоты препарата по методу Вийсмана [3] β -амилазы в нем не было обнаружено.

Проверка препарата на наличие в нем протеолитических ферментов производилась двумя способами: по методу Шидровитца и по не-

посредственному воздействию препарата на отмытую клейковину муки. При наличии протеолитических ферментов в препарате можно было ожидать заметного расслабления клейковины после промывки и отлежки ее в растворе препарата. В то же время клейковина после грехчасовой отлежки в растворе полученного нами препарата не показывала ни малейшего расслабления по сравнению с контрольными образцами, лежавшими в дистиллированной воде. По методу Шидровитца препарат также ни в одной из пробирок не дал даже слабого разжижения желатины. Следовательно, в результате двойной проверки было установлено отсутствие протеолитических ферментов в полученном сухом препарате α -амилазы.

В процессе работы интересно было выяснить, какое влияние окажет полученный препарат на качество приготовленного с ним хлеба. В результате двух параллельных выпечек было выявлено, что добавление препарата α -амилазы резко влияет на качество выпеченного хлеба.

Таблица 1

Влияние препарата α -амилазы на качество выпеченного хлеба

Определения	Контроль	0.05% препарата α -амилазы	0.1% препарата α -амилазы
Объемный выход на 100 г хлеба	275.1	304.3	327.6
Отношение высоты к диаметру хлеба	0.397	0.417	0.354
Эластичность мякиша (в % по эластометру, среднее из 5 замеров)	56.35	51.2	45.55
Влажность мякиша (в %)	42.75	42.5	42.2
Декстрины (в % на сухое вещество)	4.45	8.3	11.3
Редуцирующие сахара в пересчете на мальтозу	1.5	4.2	6.3

Из цифр табл. 1 следует, что добавление препарата α -амилазы заметно увеличивает объем хлеба. Так, например, хлеб с добавкой 0.1% препарата α -амилазы имел объемный выход на 19.0% (относительных) выше объемного выхода контрольного образца. С другой стороны, хлеб, выпеченный с добавлением вышеуказанных доз препаратов, обладал резко пониженной эластичностью мякиша. Содержание декстринов в хлебе заметно повышается от добавления препарата α -амилазы; так, например, хлеб с добавкой 0.1% препарата имел декстринов в 2.5 раза больше контрольного образца. По внешнему виду хлеб с препаратом α -амилазы также отличался от контрольного образца. Этот хлеб обладал более глянцевицей и более румяной поверхностью корки, что легко объясняется повышенным количеством в нем сахаров и декстринов, которые легко карамелизуются на поверхности корки при выпечке. Мякиш хлеба, выпеченного с препаратом α -амилазы, при надавливании пальцами заминался и при разжевывании комковался. Таким образом, мы видим, что выпеченный с препаратом хлеб обладал всеми признаками, характерными для хлеба из солоделой муки.

Одним из важных показателей хлебопекарного качества муки является ее газоудерживающая способность, определяемая физическими свойствами теста.

У практических работников хлебопечения термин «сила» муки принято обозначать способность муки образовывать тесто, обладаю-

щее теми или иными физическими свойствами. Под «сильною» мукою принято понимать муку, способную поглощать при замесе много воды и образовывать при этом тесто, обладающее относительно высокой упругостью и стабильностью своих физических свойств как в процессе тестоведения, так и выпечки. «Слабою» мукою считают муку, тесто из которой очень быстро достигает оптимума своих физических свойств, но также быстро затем в процессе брожения ухудшается.

В нашей работе мы поставили себе задачу проверить, как влияет на показатель силы муки изменение ее углеводного комплекса под действием фермента α -амилазы. Для этой цели была взята товарная мука 72% выхода с нормальной диастатической активностью, с клейковиной по качеству несколько выше среднего, и проверялось изменение силы этой муки от добавления различных дозировок препарата α -амилазы.

Для определения силы муки мы применили два простых метода, предложенных Л. Я. Ауэрман [4]: 1) по расплываемости шарика теста, 2) консисометром погружения ЦНИЛКПИ.

Таблица 2

Влияние α -амилазы на показатель силы муки

Метод определения силы муки	Контроль	0.05% препарата α -амилазы	0.1% препарата α -амилазы	0.2% препарата α -амилазы
Расплываемость шарика теста за 4 часа (в мм) ¹	80.7	84.6	86.4	87.6
Консистенция теста (в единицах консисометра погружения) ² .	169	182.6	190.2	—

Из данных табл. 2 видно, что оба примененных физических метода достаточно согласованно показали снижение силы муки от добавления препарата α -амилазы. Это снижение в данном случае можно объяснить снижением консистенции теста (разжижением) за счет уменьшения в нем количества нерастворимых углеводов, в связи с превращением части крахмала в воднорастворимые сахара и декстрины. Накопление сахара в тесте в свою очередь влечет за собой уменьшение водопоглотительной способности теста, так как сахар обладает довольно сильной дегидратирующей способностью. Так, например, из данных Кульмана [5] видно, что добавление даже 1% сахарозы или мальтозы снижает водоудерживающую способность коллоидных частиц муки более чем на 1.5%.

Для изучения влияния α -амилазы на физические свойства теста в более расшифрованном виде был применен еще метод фаринографии. Опыты на фаринографе ставили следующим образом: тесто замешивали без дрожжей и без соли в течение 10 минут и оставляли на 4 часа при 30°, с пятиминутными перебивками через каждые 55 минут отлежки. Полученные в результате обработки целого ряда фаринограмм средние цифры приведены в табл. 3.

¹ Цифры средние из семи опытов.² Цифры средние из трех опытов.

Таблица 3

Условия опытов	Показатели фаринно- грамм	Контроль	0.1% препарата α -амилазы
Первый десятиминутный замес	b $a_{\max}$ a_{10} e $c_{\max}$ c_{10}	3.4 577 523 54 1.7/19 13.0	1.42 539.8 470 69.8 1.45/18.5 13.1
Первая пятиминутная обминка после 55-минутной отлежки	b $a_{\max}$ a_5 e $c_{\max}$ c_5	0.95 500 457 42.5 0.7/13.6 9.75	1.6 412 485.5 26.5 0.5/13.25 10.25
Вторая пятиминутная обминка	b $a_{\max}$ a_5 e $c_{\max}$ c_5	0 476 379.2 95 0.45/12.1 6.9	0 392.5 345.5 47 0.51/11.1 7.9
Третья пятиминутная обминка	b $a_{\max}$ a_5 e $c_{\max}$ c_5	0 445 318.7 126.3 0.5/9.6 4.5	0 375 305 70 0.5/9.4 5.4
Четвертая пятиминутная обминка	b $a_{\max}$ a_5 e $c_{\max}$ c_5	0 411.7 298 113.7 0.55/7.6 4.1	0 354.2 268.7 86.5 0.44/8.5 4.25

Из приведенных в табл. 3 цифр и из рис. 1 видно, что метод фаринографии показал несколько неожиданные результаты. Первый десятиминутный замес теста с добавкой 0.1% препарата α -амилазы показал ухудшение физических свойств теста по всем показателям фаринограмм. Резкое снижение $a_{\max}$ (максимальной консистенции теста) в процессе первого замеса у образца с препаратом α -амилазы показывает, насколько быстро (за 1.5 минуты) α -амилаза успевает проявить свою активность.

После первой же 55-минутной отлежки картина изменений физических свойств теста от прибавления препарата α -амилазы становится совершенно иной. Так, например, продолжительность образования теста (b) удлиняется у образцов с препаратом α -амилазы по сравнению с контрольными. Равным образом падение консистенции теста (e) и снижение его эластичности в процессе замеса значительно слабее у теста с препаратом фермента. Иными словами, по этим показателям тесто с препаратом α -амилазы получалось по своим физическим свойствам лучше контрольного образца. При дальнейших обминках улучшающее действие препарата α -амилазы проявляется еще резче. В результате проведенных с помощью фаринографа опытов можно сказать, что добавление препарата α -амилазы оказывает не только

ухудшающее действие на физические свойства теста (резкое снижение консистенции), но, по некоторым признакам, и улучшающее.

С помощью фаринографа также была проведена проверка влияния препарата α -амилазы на физические свойства бродящего теста. Полученные фаринограммы показаны на рис. 2. Из этих фаринограмм видно, что препарат α -амилазы и в бродящем тесте оказывает не только ухудшающее (разжижение), но и улучшающее действие на физические свойства теста. Последнее выражается в виде повышения стабильности консистенции и эластичности теста в процессе его перебивок. Необходимо только отметить, что в случае бродящего теста

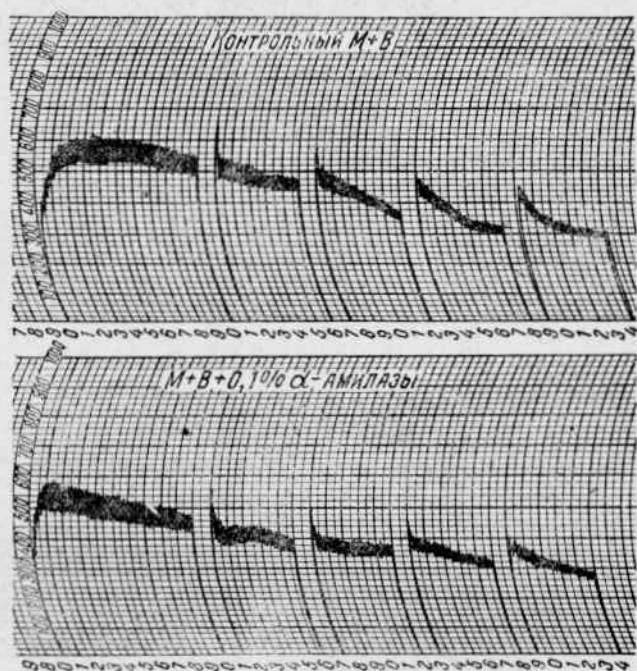


Рис. 1. Влияние препарата α -амилазы на физические свойства теста

тенденция к улучшению физических свойств от добавления ферментативного препарата проявляется несколько позже и слабее, чем в тесте без дрожжей. Зафиксированное с помощью фаринографа улучшение физических свойств теста могло проявиться в результате улучшающего действия на клейковину либо самого препарата фермента, либо продуктов гидролиза крахмала, получающихся в результате деятельности фермента.

При проверке чистоты полученного препарата α -амилазы мы уже имели возможность убедиться, что фермент не оказывает на клейковину ни улучшающего, ни ухудшающего действия. Таким образом, оставалось только проверить, какое влияние окажут на физические свойства теста продукты гидролиза крахмала, получающиеся в результате деятельности α -амилазы. При действии α -амилазы на крахмал образуются главным образом декстрины, которые в свою очередь превращаются имеющейся в муке β -амилазой в мальтозу. Таким образом, в тесте с повышенной активностью α -амилазы обычно наблюдается более высокий процент декстринов и резко повышенное количество мальтозы. Исходя из этого, было решено проверить, какое

аб 2808

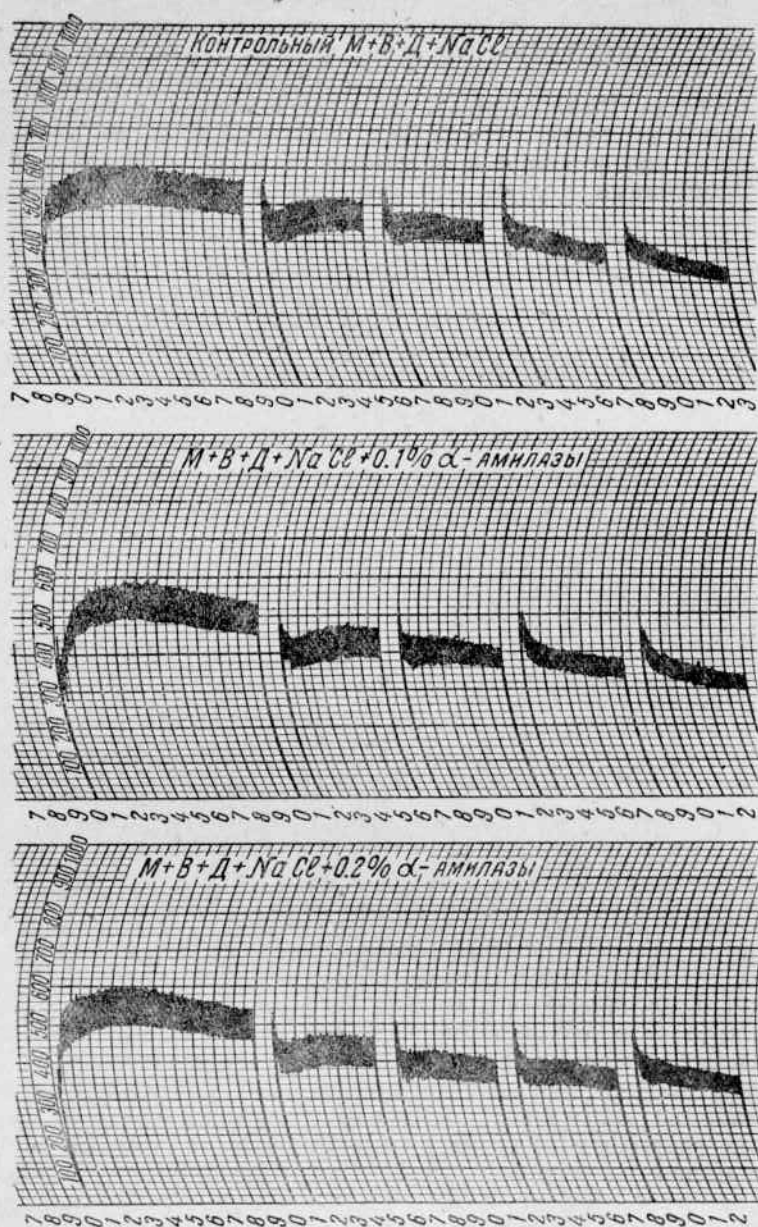


Рис. 2. Влияние препарата α -амилазы на физические свойства бродящего теста

влияние оказывают декстрины и мальтоза на физические свойства теста. Средние цифры по двум параллельным опытам даны в табл. 4. Из данных табл. 4 и из рис. 3 видно, что добавка мальтозы заметно удлиняет время образования теста и значительно снижает его консистенцию (разжижает тесто). В процессе же самого замеса стабильность консистенции и эластичности теста увеличивается по мере увеличения добавок мальтозы.

Следовательно, можно сказать, что от добавки мальтозы тесто становится как бы более устойчивым к механическому воздействию на него.

Таблица 4

Влияние мальтозы на физические свойства теста

Условия опытов	Показатели фаринограмм	Контроль	10% мальтозы	15% мальтозы	20% мальтозы
Первый десятиминутный замес	b $a_{\max}$ a_{10} e $c_{\max}$ c_{10}	3.95 607 546 61 17.8 12.2	5.0 565 510 55 17.2 13.2	5.4 550 507 43 17.7 15.2	7.0 490 470 20 16.7 13.2
Пятиминутная перебивка после первой отлежки	b $a_{\max}$ a_5 e $c_{\max}$ c_5	1.0 525 475 50 14.7 9.7	1.4 490 444 46 14.2 10	1.5 502 460 42 15.2 10.7	1.6 455 425 30 14.7 11.2
Пятиминутная перебивка после второй отлежки	b $a_{\max}$ a_5 e $c_{\max}$ c_5	0 490 419 71.0 12.5 7.7	0 477 410 67 13.2 8.7	0 490 429 61 14.0 10.0	0 457 396 61 14.2 9.5
Пятиминутная перебивка после третьей отлежки	b $a_{\max}$ a_5 e $c_{\max}$ c_5	0 479.5 342.5 137 10 5	0 448 346 102 10.5 6.2	0 455 365 90 11.7 8	0 429 340 89 12 7.5
Пятиминутная перебивка после четвертой отлежки	b $a_{\max}$ a_5 e $c_{\max}$ c_5	0 450 317 133 8 4.0	0 439 311 128 8.7 5.0	0 430 307 123 9.7 5.0	0 407 291 116 10.2 5.0
Общее падение консистенции	$E_{\text{общ.}}$	290	254	243	199

Повышение устойчивости теста от добавления мальтозы можно объяснить двояко: во-первых, прямым дегидратирующим действием мальтозы на частицы теста и, во-вторых, укрепляющим действием мальтозы на клейковину. В первом случае можно предположить, что мальтоза, как сильный дегидрататор, отрывает наиболее слабо ориентиро-

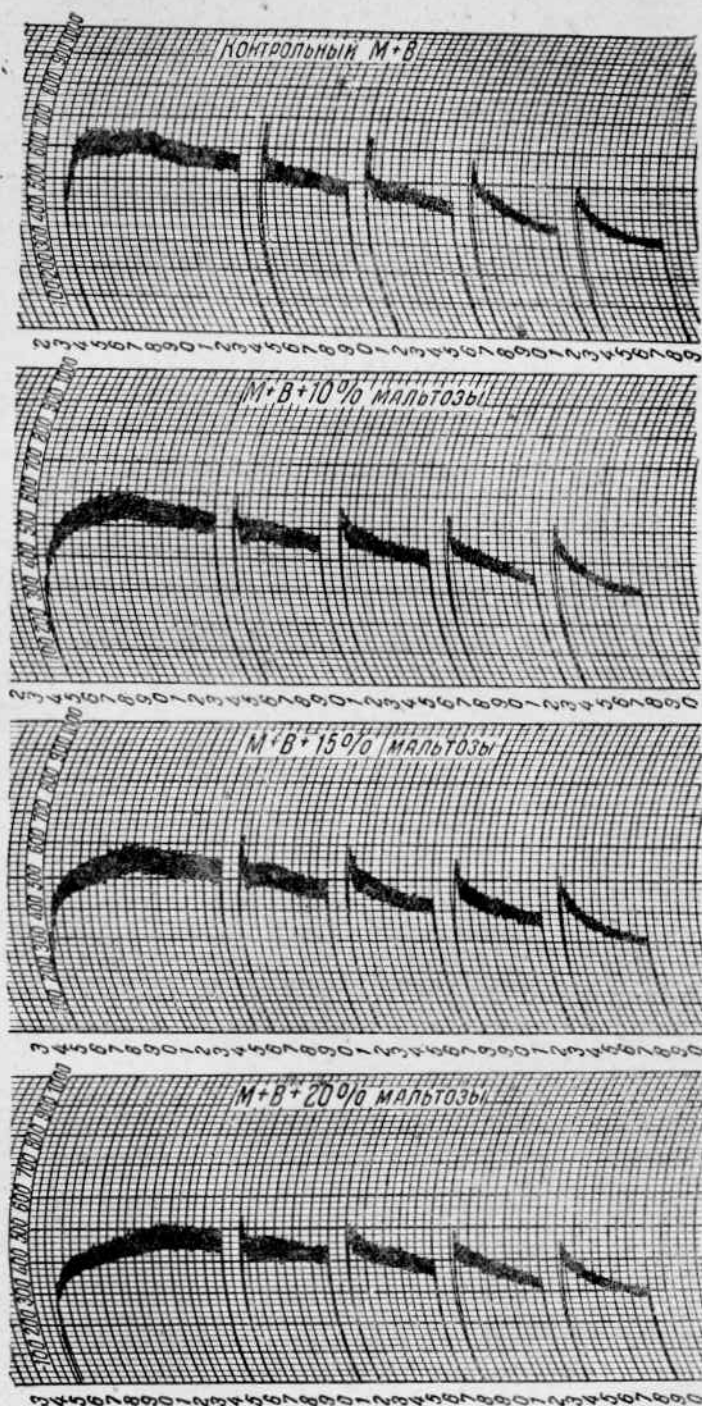


Рис. 3. Влияние мальтозы на физические свойства теста

ванные молекулы воды от гидратных оболочек частиц муки. Таким образом, в гидратной оболочке мучных частиц остаются наиболее прочно связанные с ними молекулы воды, которые при механическом воздействии на тесто с большим трудом отрываются, вследствие чего и тесто при замесе меньше разжижается.

Для проверки второго предположения — о возможности влияния мальтозы на клейковину теста — были проведены испытания по непосредственному воздействию мальтозы на отмытую клейковину. Для этой цели клейковину, отмытую от теста, замешанного с добавкой мальтозы, и промытую в растворе мальтозы, развешивали на кусочки по 10 г и помещали для отлежки в раствор мальтозы и затем сравнивали с контрольным образцом, лежавшим в дистиллированной воде. При этом через каждый час отлежки производили измерение эластичности клейковины на весовом консистомере, веса кусочков клейковины и их объема. В результате двух параллельных опытов были получены средние цифры, приведенные в табл. 5.

Таблица 5

Влияние мальтозы на физические свойства
клейковины

Показатели качества клейковины через 3 часа отлежки	Замес на воде и отлежка клейковины в воде		Замес на 10% растворе мальтозы и обмывка в 5% растворе мальтозы	
	отлежка в дистил- лир. воде	отлежка в растворе 15% мальтозы	отлежка в растворе 5% мальтозы	отлежка в растворе 10% мальтозы
Эластичность в едини- цах весового кон- систометра	59	60	59.5	62.5
Вес клейковины (в г) .	9.45	8.61	9.15	8.96
Объем клейковины (в см ³)	8.63	7.72	4.84	7.95

В своей работе по набухаемости Катц [7] считает типичным такое набухание твердого вещества в воде, когда вещество поглощает жидкость, не теряя своей гомогенности, увеличиваясь при этом в объеме, и когда уменьшается внутреннее сцепление вещества, т. е. вещество приобретает обратимую растяжимость и разрывается при меньшем усилии. Следовательно, если мы будем иметь одно и то же вещество в более набухом и в менее набухом состоянии (в воде, а не в растворе солей и кислот), то менее набухшее вещество будет обладать более сильным внутренним сцеплением по сравнению с более набухшим образцом.

В нашем опыте мальтоза действовала несколько укрепляюще на клейковину (повышала эластичность), одновременно снижая ее вес и объем по сравнению с контрольным образцом, который отлеживался в дистиллированной воде (табл. 5). Учитывая все изложенное, можно предположить, что мальтоза, являясь довольно сильным дегидрататором, уменьшает набухаемость клейковины. Уменьшение набухаемости клейковины в свою очередь влечет за собой уменьшение «расклинивающего» действия воды на мицеллы белка, повышая их внутреннее

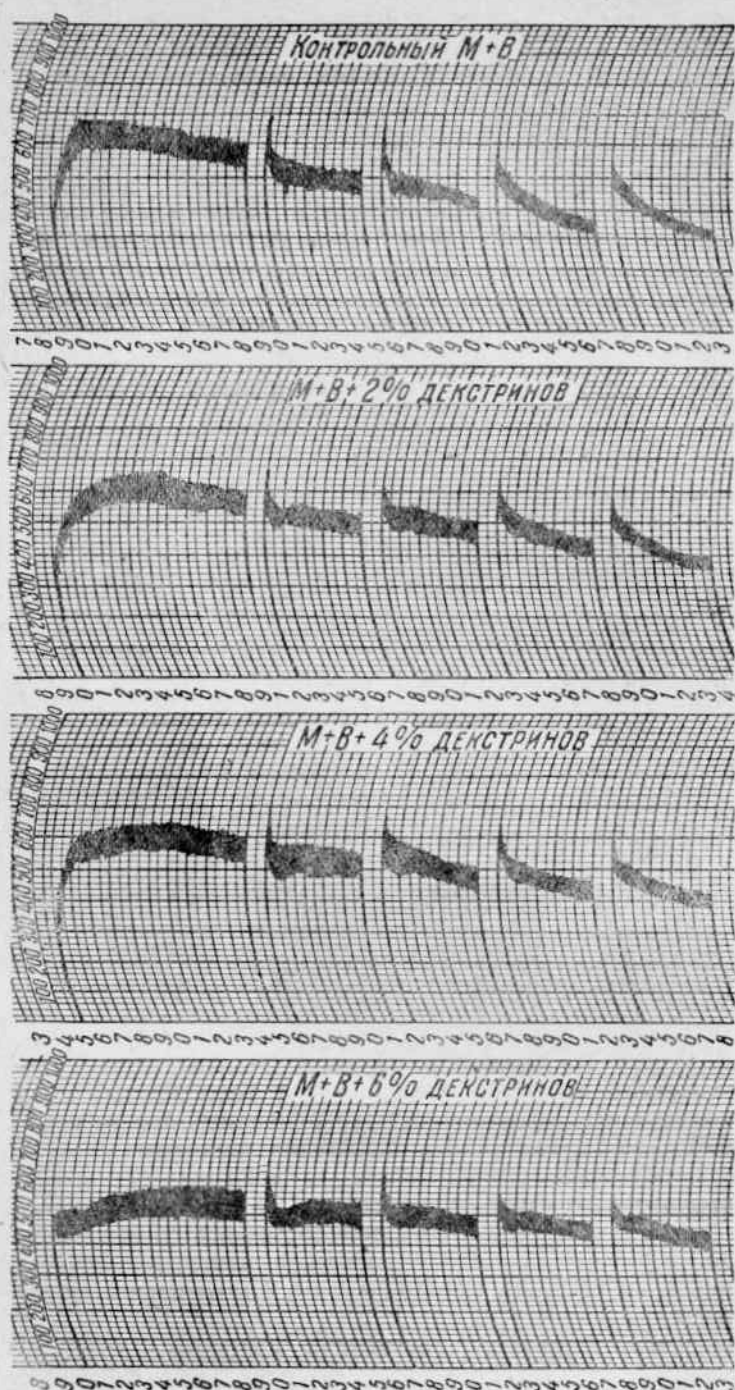


Рис. 4. Влияние декстринов на физические свойства теста

сцепление. Следовательно, мальтоза влияет на физические свойства клейковины как вещество, изменяющее набухаемость последней.

В процессе дальнейшей работы с помощью фаринографа были проделаны испытания для установления влияния декстринов на физические свойства теста. В результате были получены фаринограммы, приведенные на рис. 4. Средние цифры по двум параллельным опытам даны в табл. 6.

Таблица 6

Влияние декстринов на физические свойства теста

Условия опытов	Показатели фаринограмм	Контроль	2% декстринов	4% декстринов	6% декстринов
Десятиминутный замес	b	2.7	4.7	5.5	7.0
	$a_{\max}$	623	610	587	532
	a_{10}	560	558	555	513
	e	63	52	32	19
	$e_{\max}$	18	18.5	18.0	17.75
	c_{10}	12.7	14.25	15.0	15.0
Пятиминутная перебивка после первой отлежки	b	1.0	1.7	2.2	2.5
	$a_{\max}$	521	534	535	497
	a_5	485	504	507	480
	e	36	30	29	17
	$e_{\max}$	13.25	14.25	15	15
	c_5	11.0	12.0	13.0	13.5
Пятиминутная перебивка после второй отлежки	b	0.0	0.9	1.2	1.6
	$a_{\max}$	485	521	514	482
	a_5	420	472	467	447
	e	65	49	47	35
	$e_{\max}$	11.75	13	13.75	14.25
	c_5	6.75	9.75	10.0	11.5
Пятиминутная перебивка после третьей отлежки	b	0	0	0	0.7
	$a_{\max}$	483	506	497	472
	a_5	353	422	434	425
	e	130	84	63	47
	$e_{\max}$	9.75	11.25	12.75	13.0
	c_5	5.75	8.25	9.25	10.0
Пятиминутная перебивка после четвертой отлежки	b	0	0	0	0
	$a_{\max}$	455	477	485	457
	a_5	338	377	392	395
	e	117	100	92	62
	$e_{\max}$	8.0	9.25	10	11.0
	c_5	4.5	6.25	7.25	8.75
Общее падение консистенции теста	$E_{\text{общ.}}$	235	233	195	137

Из приведенных в табл. 6 цифр видно, что в первом десятиминутном замесе, по мере увеличения добавки декстрина, снижается максимальная консистенция теста ($a_{\max}$). В то же время с увеличением процента добавленного декстрина повышается стабильность консистенции теста и его эластичности в процессе замеса. Продолжительность образования теста (b) заметно удлиняется от добавления декстринов. Из цифр по остальным четырем перебивкам можно сделать вывод, что

по мере увеличения дозировок декстрина повышается максимальная эластичность теста ($c_{\max}$) и эластичность теста в конце замеса (c_s), а также увеличивается стабильность консистенции теста в процессе перемешивания (снижается e). Общее падение консистенции за 4 часа резко уменьшается при увеличении процента добавленного декстрина. Испытания показали, что декстрины оказывают заметное улучшающее действие на физические свойства теста. Даже добавка в 2% декстрина показала достаточно резкий сдвиг в сторону улучшения физических свойств теста. При определении же содержания декстринов в бродящем тесте были получены следующие средние цифры (табл. 7).

Таблица 7

Определения	% декстринов в тесте		
	кон- троль	0.1% препарата α -амилазы	0.2% препарата α -амилазы
Декстрины в тесте после замеса . .	2.32	3.43	4.15
Декстрины в тесте перед посадкой .	1.45	3.13	3.61

Из анализа цифр, приведенных в табл. 7, видно, что тесто с добавкой 0.2% препарата α -амилазы (препарат дается в расчете на муку) после замеса имело декстринов на 1.87% больше, чем в контрольном образце, и перед посадкой — на 2.16% больше, чем в контрольном тесте. Следовательно, и в условиях бродящего теста улучшающее действие декстринов вполне может сказаться.

При сравнении фаринограмм замеса теста с сахаром и с декстринами (рис. 3 и 4) видно, что декстрины значительно сильнее сахара влияют на физические свойства теста. Так, например, даже 15% добавка мальтозы не показала того улучшающего действия на физические свойства теста, какое дали 4% декстринов.

При анализе причин, обуславливающих улучшающее действие декстрина на тесто, можно предположить, что некоторая доля этого действия происходит за счет дегидратирующего действия декстринов, влияющих на набухание белков. О самом дегидратирующем действии декстринов достаточно веско говорит тот факт, что добавка их в замес при одинаковом количестве взятой в замес муки и воды заметно снижает консистенцию теста ($a_{\max}$).

С другой стороны, в данном случае, повидимому, имеется еще дополнительный фактор, влияющий на физические свойства теста. Возможно, этим фактором является общеизвестная склеивающая способность декстринов, которые, адсорбируясь на поверхности мицелл белка, увеличивают их сцепление. Этот вопрос требует дополнительного исследования.

Кроме изучения фаринограмм замеса теста с декстринами, были поставлены еще опыты с непосредственным воздействием декстринов на клейковину муки.

Проверка влияния декстринов на качество клейковины производилась тем же методом, что и с мальтозой. Полученные в результате двух параллельных испытаний средние цифры даны в табл. 8.

Таблица 3

Влияние декстринов на эластичность клейковины
(по весовому консистометру)

Время отлежки клейковины (в часах)	Замес теста на воде и отмывка клейковины водой		Замес с 5% декстринов и отмывка в 5% растворе декстринов	
	отлежка в дистиллиро- ванной воде	отлежка в 5% растворе декстринов	отлежка в 5% растворе декстринов	отлежка в 10% растворе декстринов
0	76.25	76.5	80.0	79.3
1	62.0	62.8	70.0	73.2
2	55.0	57.0	64.0	64.3
3	48.5	51.8	54.0	51.0

Приведенные в табл. 8 цифры показывают, что декстрины значительно сильнее мальтозы повышают эластичность клейковины. Особенно резко сказалась разница между качеством контрольного образца клейковины и клейковины, отмывой из теста с 5% декстринов и лежавшей в 5% растворе декстринов после второго часа отлежки. Интересно также отметить тот факт, что клейковина, лежавшая в 10% растворе декстринов, после второго часа отлежки имела ту же эластичность, а после третьего часа — меньшую эластичность, чем клейковина, лежавшая в 5% растворе декстринов.

Следовательно, улучшающее действие декстринов на клейковину имеет свой предел, зависящий от концентрации раствора.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы по изучению влияния α -амилазы на физические свойства теста были установлены следующие факты:

1. Внесение препарата α -амилазы в тесто при его замесе вызывает резкое снижение показателя силы муки, определяемого методом расплываемости шарика теста и консистометром погружения. Снижение показателя силы муки, определяемого этими методами, происходит в связи с резким снижением консистенции теста (разжижение). Изучение физических свойств теста при помощи фаринографа подтвердило факт снижения консистенции теста под действием фермента α -амилазы, но вместе с тем было установлено, что такой показатель физического состояния теста, как стабильность консистенции и эластичных свойств теста, в процессе замеса под действием фермента улучшается.

Таким образом, при помощи вышеназванных методов определения физических свойств теста было установлено, что природа действия α -амилазы на физические свойства теста носит двойственный характер: с одной стороны, ферментативный препарат резко снижает консистенцию теста, а с другой — он стабилизирующе действует и на консистенцию и на эластичность теста в процессе механического воздействия на него (замес, перебивки).

2. Было установлено, что действие препарата распространяется не только на углеводы муки (крахмал), но и на белки муки (клейковину). В последнем случае влияние α -амилазы носит косвенный характер, поскольку на физические свойства клейковины действует не самый препарат, а продукты гидролиза крахмала, получающиеся при воздействии α -амилазы на крахмал. В частности, декстрины в этом отношении оказывали более заметное улучшающее действие на клейковину (укреп-

ляли» ее), нежели мальтоза, так как действие декстринов заметно проявлялось даже при их небольшом количестве (2%).

3. Улучшающее действие продуктов гидролиза крахмала на клейковину частично можно объяснить дегидратирующим действием последних. Что касается отрицательного влияния ферментативного препарата α -амилазы на консистенцию теста, то причины этого явления надлежит видеть в уменьшении количества нерастворимого крахмала и в дегидратирующем действии образующихся декстринов и мальтозы, снижающих адсорбционную способность частичек муки.

4. Таким образом, при воздействии данного препарата на тесто констатируется его ухудшающая роль в смысле снижения консистенции теста и, наряду с этим, вследствие действия α -амилазы создаются условия, положительно влияющие на другие физические свойства теста, что несколько смягчает ухудшающее действие препарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sandstedt R., Hiltz and Blish M. *Cer. Chem.*, 16, 780, 1939.
2. Klinkenberg. *G. Z. physiol. Chem.*, 212, 173, 1932.
3. Klinkenberg. *G. Ergebnisse der Enzymforschung*, 3, 1934.
4. Ауэрман Л. Я. Биохимия хлебопечения, сб. 2, 1941.
5. Кузьман А. Г. Коллоиды в хлебопечении, 1940.
6. Ауэрман Л. Я. Биохимия хлебопечения, сб. 1, 1938.
7. Гесс Курт. Химия целлюлозы и ее спутников, 1934.

S. FALUNINA

THE INFLUENCE OF α -AMYLASE ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF DOUGH

SUMMARY

1. The introduction of the α -amylase preparation in dough during its mixing involves a sharp decrease of the flour «strength» index determined by the method of the spreading of the dough ball and by the immersion consistometer. The decrease of the flour «strength» index, determined by these methods occurs in connection with the sharp decrease of the dough consistence (diffusion). The study of the physical properties of dough with the use of a farinograph confirmed the fact of the decrease of the dough consistence by the action of the α -amylase preparation, but at the same time it was established, that such an index of the physical state of dough as the stability of the consistence and that of the elastic properties of dough in the process of mixing improves under the action of this ferment.

Thus it was found that the character of α -amylase action on the physical properties of dough has a dual character: on the one hand, the fermentative preparation sharply decreases the consistence of dough, on the other, it has a stabilising effect on the consistence and the elasticity of dough in the process of its mechanical treatment.

2. It was established that the action of the preparation extends not only on the flour carbohydrates (starch) but also on the flour proteins (gluten). In the last case the effect of α -amylase has an indirect character, in as much as the preparation does not act on the physical properties of the gluten by itself, but through the hydrolysis products of the starch, obtained by the action of α -amylase on starch. In this respect the dextrin exerted a more marked improving action on gluten («fortified» it), than the maltose, because the action of the dextrin manifested itself even with small amounts of this substance (2%).

3. The improving effect of the starch hydrolysis products on gluten may be explained partly by the hydrating action of the last. As to the negative effect of the fermentative preparation of α -amylase on the dough consistence, the reason of this may be explained by the decrease of the amount of the unsoluble starch and in the dehydrative action of the formed dextrin and maltose, decreasing the adsorption capacity of the flour particles.

4. Thus, in respect of the influence of the given preparation on dough one may state its deteriorating action in the sense of decreasing the consistence of dough. The same time, in consequence of the α -amylase action, conditions are created having a positive action on the other physical properties of dough, a fact which somewhat attenuates the deteriorating action of the preparation.

А. И. ОСТРОВСКИЙ

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ СУХОГО ВЕЩЕСТВА МУКИ ПРИ БРОЖЕНИИ ТЕСТА

(Из работ кафедры технологии хлебопечения Московского технологического института пищевой промышленности)

В контроле хлебопекарного производства особое значение имеет показатель «выхода» хлеба. Под этим понятием разумеют весовое количество хлеба, которое получается из 100 весовых частей муки.

Величина выхода хлеба находится в зависимости, с одной стороны, от водопоглотительной способности муки, а с другой — от величины потерь, имеющих место при приготовлении хлеба. Потери эти состоят: из потерь сухого вещества муки на брожение, из потерь на так называемый «упек» в печи и из потерь, имеющих место при остывании хлеба. Наконец, имеют место еще потери механического порядка — распыл муки. На передовых предприятиях последние потери сводятся практически к весьма малой и постоянной величине — порядка 0.1% от расходуемой на приготовление хлеба муки. На остальных же предприятиях они достигают весьма заметной величины: 0.5—0.6% и даже больше.

Но несомненно одно: механические потери муки можно лимитировать в довольно узких пределах, а при этих условиях учет их никакого труда не представляет.

Сложнее обстоит дело с технологическими потерями, представляющими величину, вообще говоря, переменную.

В силу многообразия факторов, влияющих на величину выхода хлеба, и в силу их изменчивости вопрос об определении величины названного показателя представляет довольно большие трудности.

Заводские лаборатории стараются обойти эти трудности посредством опытной выпечки, проводимой в производственных условиях. На основании прямого определения выхода хлеба по опытной деже делаются затем выводы и о величине производственных выходов.

Несмотря на всю кажущуюся убедительность, подобный способ контроля выходов хлеба обладает рядом существенных недостатков, из которых в первую очередь надлежит назвать его трудоемкость. При проведении опытной выпечки требуется весьма тщательный учет не только сырья и готовых изделий, но и технологических факторов, влияющих на величину выхода хлеба: температурного режима в дежах, в процессе расстойки и выпечки, продолжительности пофазных брожений и т. д.

Поэтому совершенно понятны попытки целого ряда наших лабораторий изыскать наиболее рациональные способы определения выходов хлеба, помимо опытной выпечки. Среди ряда формул, предложенных для расчета этого показателя и основанных на аналитических данных, особого внимания, с моей точки зрения, заслуживает формула, принятая в кондитерской промышленности для учета выходов изделий по сухому веществу.

Формула эта в общем виде имеет такое выражение:

$$B = \frac{S(100 - n)}{100 - b},$$

где B — искомый выход хлеба;

S — сумма сухих веществ всех ингредиентов, пошедших на приготовление хлеба из расчета на 100 весовых частей муки (мука, дрожжи, соль, сахар и т. д.);

n — потери сухого вещества муки на брожение (в % на сухое вещество);

b — влажность целого хлеба (с коркой).

Если бы мы захотели учитывать и механические потери муки, то должны были бы значение n повысить на определенную величину. Для упрощения мы приняли величину последних потерь равной нулю.

Выводится эта формула путем следующих рассуждений.

Допустим, что взято 100 весовых частей муки и определенное количество дрожжей, соли и воды. Обозначим через S сумму сухих веществ этих ингредиентов (за исключением воды, как содержащей ничтожное количество сухих веществ).

Пусть потери на брожение составляют величину n (в % от S). Тогда абсолютная величина потерь при переработке 100 весовых частей муки будет равна $S \cdot 0.01n$ (на основании пропорции:

$$\frac{100 - n}{S - X}.$$

Таким образом, содержание сухих веществ в готовом хлебе из 100 весовых частей муки можно выразить разностью:

$$S - S \cdot 0.01n.$$

Хлеб состоит из сухих веществ всех входящих в него ингредиентов и воды.

Пусть влажность всего хлеба (т. е. с учетом и корки) выражается величиной b (в %). Тогда абсолютное содержание влаги во всем хлебе равно:

$$\frac{[S - S \cdot 0.01n]b}{100 - b}$$

(на основании пропорции: $\frac{[100 - b] - b}{[S - S \cdot 0.01n] - x}$).

Теперь нам известно абсолютное количество сухих веществ в хлебе, приготовленном из 100 весовых частей муки, и абсолютное количество влаги в том же хлебе. Если мы сложим эти две величины, то сумма и будет составлять общий вес хлеба, что в данном случае будет являться и его выходом, поскольку это количество хлеба получено из 100 весовых частей муки:

$$B = [S - S \cdot 0.01n] + \frac{[S - S \cdot 0.01n]b}{100 - b}.$$

Сделав необходимые перестановки и сокращения, мы приходим к той формуле, которую привели выше:

$$B = \frac{S(100 - n)}{100 - b}$$

Анализируя эту формулу, мы видим, что выход хлеба зависит: 1) от начального содержания сухих веществ всех ингредиентов, входящих в тесто (S); 2) от количества влаги в целом хлебе (b) и 3) от величины потерь сухого вещества муки на брожение (n). Первые две величины определяются с достаточной точностью хорошо разработанными методами: величина S — высушиванием до постоянного веса примененных для приготовления хлеба веществ; так же определяется и величина b (метод Неймана). Неопределенной остается третья величина n — потери на брожение.

Если бы лаборатории для определения этой величины располагали таким же апробированным методом, как метод высушивания до постоянного веса, то вопрос об учете выходов лабораторным путем решался бы сравнительно просто.

К сожалению, методы определения потерь сухого вещества муки на брожение в процессе приготовления хлеба сложны и недостаточно точны.

А. И. Островским (ВНИИХ, 1938) [1,2] было предложено величину n определять по содержанию спирта в готовом тесте. Метод этот косвенный и недостаточно точный, потому что он не учитывает потерь сухого вещества на брожение в тесте в процессе самой выпечки. А между тем в первый период нахождения каравая в печи образование спирта в тесте может протекать весьма энергично. С другой стороны, в процессе брожения теста возможно улетучивание некоторого количества спирта в воздух (вместе с выделяемым углекислым газом). Наконец, при этом методе заметные количества спирта остаются не удаленными из теста, что требует внесения поправки в результаты определения [3] и т. д.

В качестве прямого метода определения величины n можно применить метод Яго-Иоргенсена для определения газообразующей способности муки [4]. Этот метод нам кажется более надежным, чем первый, но он имеет тот недостаток, что весьма относительно воспроизводит производственную обстановку хлебопекарного процесса, а кроме того и несколько сложен в условиях заводской лаборатории. В виду этого мы сделали попытку подойти к решению этого вопроса путем учета сухих веществ как в готовом хлебе, так и в исходном сырье, а также и путем учета выхода хлеба. Иными словами, для нашей цели мы решили применить вышеприведенную формулу, приняв в ней в качестве известных величин S , b и B . Сделав перестановку в этой формуле, мы будем иметь:

$$n = 100 - \frac{B(100 - b)}{S}$$

Как уже указывалось, величины b (влажность целого хлеба) и S (сумма сухих веществ всех ингредиентов, составивших тесто) определяются относительно просто и, что самое главное, с достаточной точностью; что же касается третьей величины в правой части уравнения B (выход хлеба), то и эта величина в лабораторных условиях может быть определена с высокой точностью (порядка 0.2 — 0.3% относительных). А для того, чтобы лабораторная выпечка в отношении расходования сахаров теста на брожение соответствовала производственной выпечке, необходимо брожение теста осуществлять в увлаж-

няемом термостате, в котором температура должна поддерживаться в пределах 30—32°. Равным образом и расстойку сформованных кусков теста надлежит вести в увлажняемом термостате при 35°. При этих условиях нарастание температуры внутри бродящего теста в лабораторной деже примерно такое же, как и в случае производственного теста. Если это так и если все прочие условия лабораторной выпечки в точности соответствуют производственным условиям (одинаковые рецептура, дрожжи и продолжительность отдельных фаз), то у нас есть все основания утверждать, что величина l , определенная в лабораторных условиях, вполне соответствует величине l , полученной в производственных условиях.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Работа по определению величины l велась в лабораторных условиях на трех образцах пшеничной муки: а) 25% выхода; б) 80% выхода и в) 80% выхода $\pm 2\%$ сахара. Характеристика муки приведена в табл. 1.

Таблица 1

№ образца	Зольность (в %)	Содержание общего азота (в %)	Содержание клейковины (в %)		Диастатическая активность по Рамзею	Содержание сахаров (в %)		Газообразующая способность (в см ³ * CO ₂)
			сырой	абс. сухой		редуцирующих	сахарозы	
а	0.50	2.10	22.60	8.20	120	0.13	1.30	980
б	0.80	2.00	28.64	9.50	130	0.26	1.60	1130

Судя по этим данным, мука а должна характеризоваться как «крепкая на жар»; мука б по газообразующей силе выше первой, но тоже обладает недостаточной газообразующей силой (в случае опарного способа приготовления хлеба). Прибавление к этой муке 2% сахарозы увеличило ее газообразующую силу до 1600 см³ CO₂, почему этот образец муки в отношении газообразующей силы должен быть отнесен к нормальной муке.

Работа заключалась в выяснении влияния различных факторов на величину l , определяемую в лабораторных условиях.

Таковыми факторами являлись: 1) способ приготовления теста (опарный и безопарный); 2) качество дрожжей; 3) количество дрожжей; 4) температура бродящего теста; 5) продолжительность брожения теста.

Рецептура выпечек была принята следующая. На каждую выпечку расходовалось около 1 кг муки; воды — по потребности; дрожжей — около 0.9% при опарном способе и около 1.5% — при безопарном (за исключением тех случаев, когда ставились специальные опыты по выяснению влияния количества дрожжей). Общая продолжительность брожения теста (средняя) при опарном способе около 6 часов (включая и расстойку) и при безопарном — около 4 часов. При выяснении влияния на величину l фактора времени эти сроки менялись.

Из теста формировались три хлеба, выпекавшиеся в формах в печи Иванова-Ряпина при 250—260°. Вес каждого выпеченного хлеба — около 400 г.

Расход сырья, выход теста, хлеба и т. д. — все тщательно учитывалось по весу.

* За 6 часов при 3% дрожжей (подъемная сила дрожжей — 60 минут).

На следующий после выпечки день хлебцы анализировались на содержание в них влаги. Перед этим устанавливался путем взвешивания выход хлеба (с точностью до 1 г).

Определение влаги в хлебах производилось по методу Неймана. После предварительного взвешивания все три хлебца разрезались на четыре, примерно равные, части. Два аналитика брали по одной четвертинке от каждого хлеба, причем соотношение между весом корки и мякиша в четвертинке должно было соответствовать соотношению их веса в целом хлебе. Три четвертинки соединяли вместе и проверяли их общий вес A с точностью до 0.1 г. После этого четвертинки разрезали на листе бумаги на тонкие ломтики, которые вместе с крошкой помещали в предварительно высушенные и взвешенные большие фарфоровые чашки и сушили в продолжение 4 часов при 60—65°. После этого чашки с сухарями охлаждали на воздухе в течение часа и взвешивали для определения веса сухарей A^1 . Затем сухари грубо размельчали в ступке без потерь, а крошки для окончательного размельчения пропускали через кофейную мельницу или также растирали в ступке. После тщательного перемешивания от размельченной массы брали 5—6 г (вес a) в предварительно заготовленные и тарированные бюксы и сухарную крупку сушили ровно 4 часа при 100—105°. После охлаждения в эксикаторе и взвешивания (с точностью до 0.001 г) определяли вес абсолютно сухого вещества во взятой навеске (a^1).

Содержание влаги в хлебах (среднее во всех трех) рассчитывали по формуле:

$$b^0 = 100 - \frac{a^1 A^1 \cdot 100}{a A}.$$

Из 189 определений, проведенных каждым аналитиком, расхождение между их параллельными определениями в среднем составило 0.34% абсолютных, или около 1% относительных. Только в одном случае расхождение оказалось более 1% (абс.). Такой результат мы считаем очень хорошим.

Перед каждым хлебопекарным испытанием проводили анализ дрожжей на подъемную силу (по ОСТ). В образцах муки через каждые 7—10 дней определяли влажность (высушиванием в продолжение 1 часа при 130°). Влажность прессованных дрожжей условно приняли равной 75%. Влажность соли условно считали равной нулю.

На основании величин B , b и S вычисляли значение величины n по приведенной выше формуле.

Опыты вели на одних и тех же образцах муки на протяжении семи месяцев.

Мы сделали выборку значений величин n за этот период времени для каждого образца муки, положив в основу выборки одинаковость условий опыта (в смысле более или менее одинаковой подъемной силы дрожжей, одинаковых температурных условий проведения опытов, их одинаковой продолжительности и т. д.).

Результаты опытов представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Среднее значение n при опарном способе

Мука	В е л и ч и н а <i>n</i>															Среднее значение <i>n</i>
25% выхода	3.5	—	3.6	3.3	3.4	3.4	3.2	3.1	2.8	3.1	3.5	3.7	3.0	2.9	2.7	3.2
80% "	3.7	4.0	3.2	3.2	4.0	3.5	3.2	3.5	4.0	3.6	4.0	4.0	3.6	—	—	3.8
80% + сахар	4.4	4.2	4.3	3.9	3.7	3.5	4.3	4.4	3.6	3.6	3.8	4.0	4.3	—	—	4.0

Таблица 3

Среднее значение n при безопрном способе

Мука	В е л и ч и н а n													Среднее значение n
25% выхода	2.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.8	2.5	3.0	2.7	2.3	2.3	2.6	2.7	2.6
80% "	3.1	3.0	3.3	2.8	2.8	3.3	3.3	3.0	3.3	3.0	3.1	—	—	3.1
80% + сахар	3.3	3.6	3.4	3.4	3.2	4.0	3.1	3.5	4.0	3.6	3.7	3.4	3.7	3.7

Если принять во внимание, что опыты эти проводились хотя и на одних и тех же образцах муки, но на протяжении семи месяцев и что условия проведения опытов на столь длительном отрезке времени строго идентичными быть не могли, мы должны признать вполне удовлетворительной сходимость значений для n по отдельным выпечкам.

Эти же цифры позволяют делать вполне определенные выводы о зависимости величины n , во-первых, от газообразующей способности муки и, во-вторых, от способа приготовления теста.

При том и другом способах приготовления хлеба наименьшее значение величины n мы имеем для муки 25% выхода, обладающей наименьшей газообразующей способностью, а наибольшее — для муки 80% выхода с 2% сахара. Разница выражается в таких величинах: при безопрном способе 1.1% (абс.), а при опарном — 0.8%.

Мука 6 (80% выхода) по величине n занимает среднее положение.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ДРОЖЖЕЙ НА ВЕЛИЧИНУ n

Качество дрожжей характеризовалось их подъемной силой. Хорошими дрожжами считались дрожжи с подъемной силой от 53 до 65 минут; плохие дрожжи имели подъемную силу от 97 до 128 минут. Промежуточное положение в качественном отношении занимали дрожжи с подъемной силой от 70 до 108 минут.

Результаты опытов по выяснению влияния качества дрожжей приведены в табл. 4, 5 и 6.

Таблица 4

Мука 25% выхода

Способы		Опарный			Безопрный		
Подъемная сила (в мин.) . .		56	108	123	60	86	97
Продолжит. брожения		5 ч. 40 м.	6 ч. 10 м.	6 ч. 30 м.	3 ч. 40 м.	4 ч.	4 ч. 10 м.
Величина n	Опыт 1	2.7	2.5	1.7	2.5	2.4	2.0
	Опыт 2	3.5	2.1	2.0	2.9	2.0	1.9
	Средняя	3.1	2.3	1.85	2.7	2.2	1.95

Таблица 5

Мука 80% выхода

Способы		Опарный			Безопарный					
Подъемная сила (в мин.)		55	98	128	53	55	70	97	119	128
Продолжит. брожения		5 ч. 40 м.	6 ч. 10 м.	6 ч. 30 м.	3 ч. 40 м.	3 ч. 40 м.	4 ч.	4 ч.	4 ч. 30 м.	4 ч. 30 м.
Величина n	Опыт 1	3.7	3.1	2.1	3.1	3.3	2.9	2.8	2.2	2.3
	Опыт 2	4.0	—	1.7	3.0	—	2.6	2.5	—	—
	Средняя	3.85	3.1	1.9	3.05	3.3	2.75	2.65	2.2	2.3

Таблица 6

Мука 80% выхода + 2% сахара

Способы		Опарный			Безопарный		
Подъемная сила (в мин.) . .		59	94	118	53	84	127
Продолжит. брожения		5 ч. 40 м.	6 ч. 10 м.	6 ч. 30 м.	3 ч. 40 м.	4 ч.	4 ч. 30 м.
Величина n	Опыт 1	4.4	3.9	2.6	3.3	2.9	2.2
	Опыт 2	4.2	3.5	2.3	3.6	—	2.2
	Средняя	4.3	3.7	2.45	3.45	2.9	2.2

Эти данные показывают, в какой мере качество дрожжей оказывает влияние на величину n . Влияние это весьма велико, и разница, например, в значениях для n может доходить под влиянием этого фактора до 2% (абс.). При опарном способе значение качества дрожжей становится более заметным, чем при безопарном, несмотря на удлинение процесса брожения при плохих дрожжах почти на 1 час. Если бы продолжительность брожения теста не менялась, то разница в значениях для n была бы еще большей.

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ДРОЖЖЕЙ НА ВЕЛИЧИНУ n

Опыты велись на дрожжах с хорошей подъемной силой (50—60 минут), причем менялось только количество дрожжей. Остальные условия оставались в пределах каждого способа приготовления теста одинаковыми. Результаты представлены в табл. 7, 8 и 9.

Мука 25% выхода

Таблица 7

Способ		Опарный			Безопарный		
Количество дрожжей (в %)		0.6	0.85	1	1.5	2	2.5
Величина <i>n</i>	Опыт 1	3.2	3.4	3.5	2.6	2.8	3.2
	Опыт 2	3.1	3.8	3.8	2.6	3.2	3.4
	Средняя	3.05	3.6	3.65	2.6	3.0	3.3

Мука 80% выхода

Таблица 8

Способ		Опарный			Безопарный		
Количество дрожжей (в %)		0.6	0.85	1.0	1.5	2	2.5
Величина <i>n</i>	Опыт 1	3.1	3.5	4.2	3.3	3.6	4.4
	Опыт 2	2.8	3.9	4.1	3.1	3.9	—
	Средняя	2.95	3.7	4.15	3.2	3.75	4.4

Мука 80% выхода + 2% сахара

Таблица 9

Способ		Опарный			Безопарный				
Количество дрожжей (в %)		0.6	0.85	1	1.5	2	2.5		
Величина <i>n</i>	Опыт 1	3.7	3.9	4.7	3.4	—	3.7	3.6	4.3
	Опыт 2	3.3	3.7	4.2	3.2	3.2	4.1	3.9	4.2
	Средняя	3.5	3.8	4.45	3.2		3.8		4.3

Эти данные показывают, что количество дрожжей оказывает влияние на величину *n*. Для муки с малой газообразующей силой это влияние менее заметно (увеличение дрожжей вызвало увеличение значения *n* — как при опарном, так и при безопарном способах — на 0.6% (табл. 7). В случае же повышения газообразующей силы муки, влияние количества дрожжей становится более заметным.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ВЕЛИЧИНУ η

Опыты с брожением теста велись в случае безопарного приготовления теста при температурах 27, 30 и 33°; в случае же опарного способа приготовления хлеба — при температурах 27/28, 28.5/29 и 30/32—33° (показана начальная температура для опары и теста в каждом варианте опыта).

Для этой серии опытов дрожжи применялись хорошего качества (подъемная сила 55—60 минут).

Результаты опытов представлены в табл. 10, 11 и 12.

Таблица 10

Мука 25% выхода

Способ		Опарный			Безопарный				
Температура (в °C)		27/28	28.5/30.5	30/33	27.5	30		33	
Величина η	Опыт 1	3.1	3.2	3.3	2.2	2.4	2.5	3	3.5
	Опыт 2	—	3.1	3.3	1.9	2.8	3.0	3.5	3.2
	Средняя	3.1	3.15	3.3	2.0	2.7		3.3	

Таблица 11

Мука 80% выхода

Способ		Опарный			Безопарный		
Температура (в °C)		26/27	28.5/29	30/32	28	30	33
Величина η	Опыт 1	3.2	3.2	3.6	2.9	3.3	3.1
	Опыт 2	2.9	3.5	—	2.9	3.0	3.4
	Средняя	3.05	3.35	3.6	2.9	3.15	3.25

Таблица 12

Мука 80% выхода + 2% сахара

Способ		Опарный			Безопарный		
Температура (в °C)		27/28	29/30	30/32.5	28	30	33
Величина η	Опыт 1	3.8	3.5	4.7	3.0	4.0	5.1
	Опыт 2	3.9	4.3	—	2.5	3.2	4.2
	Средняя	3.5	3.9	4.7	2.75	3.6	4.65

Влияние температуры бродящего теста на величину потерь сухого вещества муки оказалось особо заметным в случае муки с хорошей газообразующей силой (мука с сахаром). Так, например, при безопарном способе с увеличением температуры теста на 5° (с 28 до 33°) величина n возросла примерно на 70% (с 2.75 до 4.65°). При опарном способе это увеличение было также значительным (с 3.5 до 4.7°).

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ БРОЖЕНИЯ ТЕСТА НА ВЕЛИЧИНУ n

Для этой серии опытов продолжительность брожения теста вместе с расстойкой была принята следующей: при безопарном способе — около 2 час. 40 мин., 3 час. 40 мин. и 4 час. 30 мин.; при опарном — около 4 час. 30 мин., 5 час. 30 мин. и 6 час. 30 мин.

Качество дрожжей в этих опытах было менее постоянным, чем в предыдущих опытах, но все же дрожжи по подъемной силе отвечали требованиям ОСТ (подъемная сила колебалась в пределах $51-75$ мин.). Температура во всех опытах поддерживалась более или менее постоянной — около 30° (начальная температура теста).

Результаты опытов приведены в табл. 13, 14 и 15.

Таблица 13

Мука 25% выхода

Способ		Опарный			Безопарный					
Подъемная сила дрожжей (в мин.)		70			75					
Продолжит. брожения (в часах)		5	6	7	3		4		5	
Величина n	Опыт 1	2.7	3.6	3.9	2.5	2	2.4	2.8	3.6	3.9
	Опыт 2	2.6	3.3	4.0	1.8	—	2.5	3.0	3.7	—
	Средняя	2.65	3.45	3.95	2.1		2.8		3.7	

Таблица 14

Мука 80% выхода

Способ		Опарный			Безопарный		
Подъемная сила дрожжей (в мин.)		70			61		
Продолжит. брожения . .		4 ч. 40 м.	5 ч. 40 м.	6 ч. 40 м.	2 ч. 40 м.	3 ч. 40 м.	4 ч. 40 м.
Величина n	Опыт 1	2.2	3.2	3.3	2.5	2.8	3.3
	Опыт 2	2.1	3.2	3.9	2.3	2.8	3.6
	Средняя	2.15	3.2	3.6	2.4	2.8	3.45

Таблица 15

Мука 80% выхода + 2% сахара

Способ		Опарный			Безопарный		
Подъемная сила дрожжей (в мин.)		60			55		
Продолжит. брожения		4 ч. 30 м.	5 ч. 30 м.	6 ч. 30 м.	2 ч. 40 м.	3 ч. 40 м.	4 ч. 40 м.
Величина α	Опыт 1	3.8	4.3	5.3	3.0	3.4	4.2
	Опыт 2	3.6	—	—	2.6	3.4	4.1
	Средняя	3.7	4.3	5.3	2.8	3.4	4.15

ВЫВОДЫ

Описанный нами метод определения величины потерь сухого вещества муки на брожение при изготовлении хлеба в известной мере условный, так как при определении влаги в хлебе высушиванием навески при 100—105° вместе с влагой из хлеба будут удаляться летучие вещества, образовавшиеся в нем в процессе брожения теста (спирт и летучие кислоты). Хотя общее содержание летучих веществ в остывшем пшеничном хлебе на следующий день после выпечки и не велико, составляя 0.2—0.3%, тем не менее указать на этот факт мы должны. Но вместе с тем нужно отметить, что при высушивании некоторая часть влаги остается в высушиваемой навеске хлеба вне зависимости от продолжительности высушивания, а кроме того часть влаги в тесте переходит при гидролизе крахмала в химически связанное состояние.

Таким образом, потеря в весе высушиваемого вещества хлеба за счет улетучивания спирта и летучих кислот в известной мере, если не полностью, компенсируется остаточной влагой. В силу этого условность настоящего метода определения величины α становится весьма малой. Во всяком случае подобная условность не может помешать применению этого метода для получения сравнимых цифр при решении целого ряда практически важных вопросов, какие частично нами были поставлены и посильно решены в настоящей работе.

Достоинством предлагаемого метода определения величины потерь сухого вещества муки при брожении теста является его простота и доступность для любой лаборатории, располагающей самым несложным оборудованием. Этот метод исключает необходимость таких сложных (по крайней мере для большинства наших производственных лабораторий) определений, как, например, спирта или летучих кислот.

В то же время для определения выходов хлебных изделий этот метод с методологической точки зрения должен быть признан наиболее правильным.

В работе принимали участие: ассист. В. Ф. Кузьмин (выпечки) и ст. лаборанты Т. Н. Елкина и А. Г. Нуждова (анализы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Островский А. И. Советское мукомолье и хлебопечение, № 2, 1931.
2. Прескураков Н. И. Сб. работ Опытной лаборатории Ленинградского треста хлебопечения, вып. II, 1935.
3. Bligh M. a. Hughes. Ser. Chem., 9, 331, 1932.
4. Островский А. И. Биохимия хлебопечения, сб. 1, 1938.

A. OSTROVSKY

**ON THE METHOD FOR THE DETERMINATION OF THE DRY MATERIAL
LOSSES IN FLOUR DURING THE FERMENTATION OF DOUGH**

S U M M A R Y

A method was proposed for the computation of the dry material losses in flour during the fermentation of dough, based on the determination of differences in the quantity of the dry substance in the raw materials and in the prepared bread baked in standard laboratory conditions.

The given method is simple and suitable for the industrial laboratories although some conventionality may be noted.

The determination of the bread yield, having a particular importance in the control of the bread baking industry, by the dry substance and with the assistance of the subjoined formula requires much less work than the usual industrial baking tests.

Л. Я. АУЭРМАН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА КЛЕЙКОВИНЫ ФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

(Из работ кафедры технологии хлебопечения Московского технологического института
пищевой промышленности)

Хлебопекарная способность пшеничной муки в отношении ее газодерживающей способности, или ее «силы», в основном определяется количеством и качеством ее клейковины.

При нормальном качестве клейковины сила муки зависит от количества в ней клейковины. Не случайно поэтому в американской практике принято считать содержание протеина в муке одним из основных показателей ее хлебопекарного достоинства. Не случайно также уже в течение ряда лет сельское хозяйство и других стран ориентируется на распространение высококлейковинных пшениц.

Однако качество клейковины играет не меньшую роль, чем ее количество. Особенно большое значение момент качества клейковины приобрел за последние годы, в связи с массовым повреждением пшеницы клопом-черепашкой.

Можно считать общепризнанным, что качество клейковины практически лучше и проще всего характеризуется ее физическими свойствами. Для оценки физических свойств клейковины, на ряду с явно субъективными органолептическими методами, насчитывается достаточно большое число способов, претендующих на цифровую и объективную характеристику качества клейковины с помощью специальных приборов или приспособлений.

Достаточно указать, что Бейли в своем обзоре физических методов исследования теста и клейковины [1] перечисляет около двух десятков способов и приборов, рекомендовавшихся разными авторами для этой цели. В заграничной практике последних лет приобрел широкое распространение и международное признание «глотограф» Брабендера.

В нашей советской практике и литературе мы можем найти рекомендацию для определения физических свойств клейковины приборов Третьякова [2], Демидова [3], Козьминой—Кранца [4], Проскурякова и Зезюлинского [5] и рекомендованные нами [6] методы оценки качества клейковины по ее расплываемости и эластичности, определяемой на эластоскопе, эластометре или весовом консистометре. Для определения качества клейковины нами в начале 1941 г. был предложен и применен своеобразный грузовой вискозиметр истечения, названный нами «пластометр АВ-1».¹

¹ Описание этого прибора см. ниже.

В настоящей работе мы поставили себе целью сравнить имеющийся в нашем распоряжении импортный прибор глютотограф с нашими советскими приборами — весовым консистометром и пластометром.

Вышеуказанное сравнение мы вели под углом зрения не только наличия или отсутствия зависимости между показаниями этих приборов, но и с точки зрения выявления прибора, наиболее приспособленного к использованию в условиях производственной лаборатории хлебозавода или мельницы.

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ

Глютотограф Брабендера (рис. 1) состоит из двух самостоятельных приборов: *А* — прибора для формовки и гомогенизации образца исследуемой клейковины и *Б* — прибора для охлаждения сформованного образца (кольца) клейковины и испытания его на разрыв.

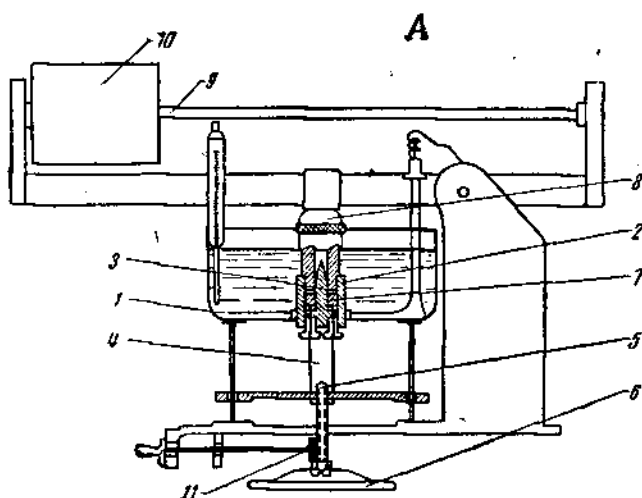


Рис. 1а. Глютотограф. Прибор А

Прибор *А* состоит из чаши *1*, наполняемой водой, температура которой автоматически поддерживается на заданном уровне (40°), и втулки *2*, в центре которой расположен вершиной вверх металлический конус *3*, переходящий в нижней части в цилиндр. Между втулкой *2* и деталью *3* сквозь дно чаши, через соответствующий сальник, пропущены две шпильки *4*, перемещаемые вверх и вниз вращением винта *5* с помощью насаженного на нем штурвала *6*.

Для формовки кольца из образца исследуемой клейковины шпильки *4* приводятся в крайнее нижнее положение, и между деталями *3* и *2* помещается металлическое кольцо *7*, верхний край которого имеет кольцеобразное углубление. После дожатия кольца *7* до крайнего нижнего положения берут комочек из *2* г исследуемой клейковины, протыкают в нем острый шпилькой отверстие, и этим отверстием одевают на вершину конуса детали *3*. Затем легкими движениями пальцев комочек клейковины осаживают на цилиндрическую часть детали *3*, заполняя таким образом кольцеобразное отверстие между деталью *3*, втулкой *2* и кольцом *7*.

После этого на образец клейковины сверху помещают деталь *8*, имеющую на нижнем конце кольцевой выступ, по размерам точно отвечающий зазору между деталями *3* и *2*. Затем опускают рычаг *9*, перемещают груз *10* к переднему его концу, в результате чего на деталь

8 давит груз в 25 кг. Для более полной передачи этого давления на образец исследуемой клейковины, вращением штурвала 6 с помощью шпилек 4 кольцо 7 несколько приподнимают до положения, определяемого ограничительной пластинкой 11.

В таком состоянии при температуре воды в 40° образец клейковины отпрессовывается в течение 30 минут. По истечении этого времени груз 10 отодвигают назад, рычаг 9 откидывают, отодвигают ограничительную пластинку 11 и вращением штурвала 6 выдавливают кольцо 7 с запрессованным на нем кольцом клейковины вверх, снимая при этом деталь 8.

Кольцо 7 со сформованным кольцеобразным образцом клейковины переносят в охлаждающую ванну 12 прибора Б, заполненную водою, температура которой автоматически поддерживается на уровне 18°.

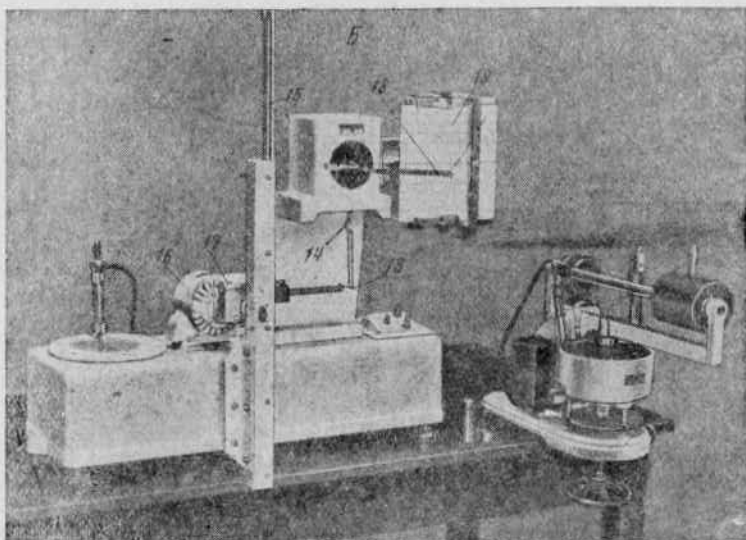


Рис. 16. Глютограф. Прибор Б

После 20-минутного охлаждения деталь 7 с образцом клейковины вынимают, колечко клейковины осторожно отделяют специальным металлическим шпателем и вешают на крючки 13 и 14 разрывного устройства. Нижний крючок 13 соединен с вертикальной зубчатой рейкой 15, приводимой в движение синхронным электромоторчиком 16, через редуктор 17. Рейка 15 с крючком 13 может передвигаться как вверх, так и вниз.

Верхний крючок 14 соединен с весовым механизмом, стрелка которого имеет на конце перо 18, соприкасающееся с поверхностью бумажной ленты самопишущего прибора 19.

Приведение рейки 15 с крючком 13 в движение вниз имеет результатом растяжение кольца клейковины; чем большее усилие для этого потребно (чем большее сопротивление растяжению оказывает при этом клейковина), тем больше отклоняется перо на ленте самопишущего механизма.

На рис. 2 мы приводим глютограмму, на которой изображены кривые трех разных по силе образцов клейковины. Кривая I характеризует очень сильную клейковину, кривая II — среднюю по силе, а кривая III — слабую.

Для оценки этих кривых цифрами можно использовать показатель P (рис. 2), характеризующий сопротивление клейковины разрыву и выражаемый в условных единицах ленты глютографа (от 0 до 1000). Размер L отражает время растяжения и разрывную длину исследуемого образца.

Весовой консистометр МОСКИП и методика определения на нем эластичности клейковины описаны нами ранее [6].

Пластометр АВ-1. Нами предложен для оценки качества клейковины и совместно с Г. И. Воскресенским осуществлен грузовой вискозиметр истечения, названный «пластометром АВ-1». Общий вид и схематический разрез основной рабочей части этого прибора приведены на рис. 3. Как явствует из общего вида прибора, последний состоит из следующих основных деталей: плиты прибора 1 с регулировочными винтами 2, стойки 3 со стерженьком, 4, на котором укреплен отвес, 5, кронштейна 6, закрепляемого на стойке 3 стопором.

Собственно рабочая часть прибора состоит из цилиндрической трубки 7, имеющей отверстие диаметром 1 см и закрепляемой кольцевыми выступами верхнего конца в вилочной прорези кронштейна 6.

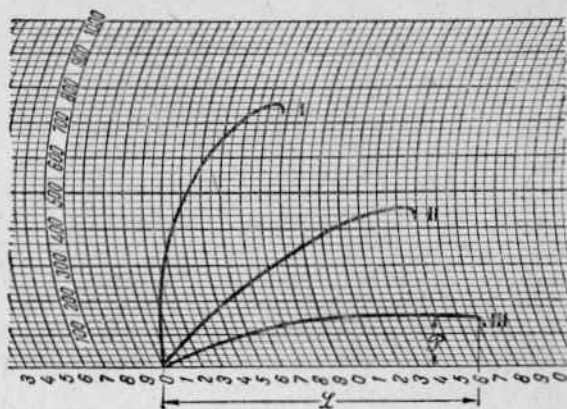


Рис. 2. Глютограмма сильной I, средней II и слабой III муки

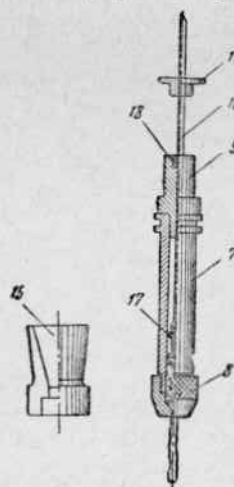
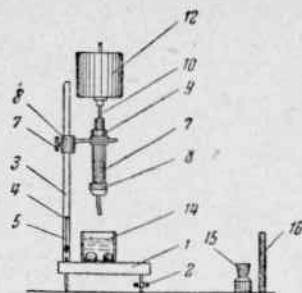


Рис. 3. Пластометр АВ-1

На нижний конец трубки 7 на резьбе наворачивается мундштучный наконечник 8 с коническим переходом внутреннего отверстия от диаметра 10 мм к диаметру отверстия истечения в 3 мм. В отверстие верхнего конца трубки 7 вставляется направляющая деталь 9, в верхний край которой врезана бронзовая втулочка 18.

Через отверстие направляющей детали 9 пропущен стержень-шток 10 поршня 17. Сочленение поршня со штоком осуществ-

вляется шаровым шарниром. Несколько выше на стержне-штоке 10 стопором закреплена деталь 11, на которую опирается одеваемый на стержень цилиндрический груз в 2,5 кг весом, с отверстием в центре. Для свободного пропуска воздуха в нижнем крае поршенька 17 имеются 2 небольших отверстия.

На плите 1 во время определения устанавливается стаканчик 14 с водою и находящимися в ней комочками исследуемой клейковины. Для загрузки трубки 7 комочком исследуемой клейковины служат направляющая воронка 15 и пестик 16.

Детали 7, 8, 15, 16, а также и 1, 9 целесообразно изготовлять из соответствующей пластмассы.

Порядок определения качества клейковины на этом приборе предварительно намечается следующий. Из отмытой клейковины отвешивают три навески по 3 г и опускают их в стаканчик 14 с водою, имеющей установленную температуру (в наших опытах 18°). После соответствующей отлежки в воде (в наших опытах — 30 мин.) определяют качество клейковины. Для этого трубку 7 верхним концом ставят на стол, а на противоположный конец надевают воронку 15. Комочек исследуемой клейковины обычной препарировочной иглой переносят в воронку 15 и с помощью пестика 16 продавливают в трубку 7. После этого воронку 15 снимают и поворачивают на свое место деталь 8. Затем трубку переворачивают и прорезами верхнего конца закрепляют в вилке кронштейна 6. После этого в верхнее отверстие трубки 7 вставляют поршень 17 со штоком 10 и направляющей шток деталью 9. Легким нажимом руки клейковину в трубке 7 дожимают до заполнения ею детали 8. После этого на верхний конец штока одевают груз 12, одновременно включая секундомер или фиксируя начало опыта по часам с секундной стрелкой. Под давлением груза 12 клейковина выпрессовывается через отверстие «истечения» в детали 8. Деталь 11 на штоке 10 укрепляется с таким расчетом, чтобы ее нижний край касался верхнего края детали 9 в момент, когда нижний край поршенька 17 дойдет до конца цилиндрической части отверстия большого диаметра 8. Таким образом, момент соприкосновения деталей 11 и 9 свидетельствует об окончании процесса выпрессовывания исследуемой клейковины. Момент окончания выпрессовывания клейковины фиксируется либо выключением секундомера, либо по часам.

Среднее время, понадобившееся для выпрессовывания трех (или двух) комочков исследуемой клейковины, характеризует ее качество.

Чем сильнее клейковина, тем большее время требуется для ее выпрессовывания, и наоборот.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

Для сравнения изучавшихся приборов и методов оценки физических свойств клейковины мы провели сперва следующую серию опытов. К очень сильной муке первого сорта (№ 329) мы добавляли разные количества слабой муки этого же сорта, но из зерна, поврежденного клопом-черепашкой (№ 345).

Из этих образцов муки и их смесей отмывали клейковину и определяли ее качество на глютографе, весовом консистомере и пластометре.

Ниже, в табл. 1, приводим для этих образцов цифры, характеризующие сопротивление клейковины растяжению на глютографе (Р-гл), эластичность клейковины по весовому консистомеру после 3-часовой отлежки клейковины в воде при 30° (ВК₍₃₀₎) и качество клейковины по пластометру, характеризуемое временем истечения 3 г

клейковины — средним для трех параллельных образцов клейковины (T_3).

Таблица 1

Мука № 329	100%	95%	90%	80%	70%	60%
» № 345	—	5%	10%	20%	30%	40%
Р глютографа	660	530	350	263	101	61
ВК ₁₈₀	118	103	84	62	50	30
T_3 пластометра . . .	9.5	5.3	2.8	2.1	1.4	0.5

Как видно из цифр, приведенных в табл. 1, все три испытывавшихся прибора дали вполне согласные результаты.

Для более полного выявления зависимости между показаниями этих приборов были произведены параллельные определения качества клейковины 44 различных образцов муки.

Результаты этой серии сведены в табл. 2 и иллюстрируются графиками (рис. 4 и 5).

Таблица 2

$P_{гг}$	ВК ₁₈₀	T_3	$P_{гг}$	ВК ₁₈₀	T_3	$P_{гг}$	ВК ₁₈₀	T_3	$P_{гг}$	ВК ₁₈₀	T_3
824	124	10.8	560	—	7	370	81	1.9	101	50	1.4
795	—	11.7	560	102	6.3	360	80	1.9	100	47	0.5
795	119	10.5	560	104	6.0	350	84	2.8	155	51	0.5
770	122	10.9	550	102	4.7	340	82	1.9	91	55	0.6
780	122	8.4	540	—	7.2	330	82	1.9	80	54	0.4
753	122	8.6	535	104	5.9	340	83	1.8	76	47	0.4
740	119	9.2	530	103	5.3	263	62	2.1	84	54	0.5
730	122	7	522	103	4.1	240	75	1.8	61	30	0.5
678	—	8.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
660	118	9.5	512	111	5.5	260	80	1.5	—	—	—
640	113	6.8	478	103	5.1	280	82	1.8	—	—	—
638	—	7.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
640	120	8.8	480	108	3.7	260	68	1.2	—	—	—

Цифры, сведенные в табл. 2 и иллюстрируемые рис. 4 и 5, позволяют сделать вывод о совершенно закономерной зависимости между показателями качества клейковины, получаемыми на глютографе, весовом консистомере и пластометре. Это позволяет считать, что все эти приборы характеризуют действительные физические свойства клейковины и что, следовательно, любой из этих приборов может быть применяем для этой цели.

Естественно, возникает вопрос о том, какой же из этих приборов имеет большие основания быть рекомендованным для целей производственного контроля на хлебозаводах и мельницах.

Глютограф имеет три существенных недостатка: 1) дает не вполне точные результаты при испытании очень слабых образцов клейковины; 2) в течение, примерно, одного часа при наличии одного формующего прибора А может быть испытан только один комочек клейковины; 3) прибор этот импортный и стоит несколько тысяч рублей валютой.

Весовой консистомер очень прост в обращении, при тщательной работе дает хорошо совпадающие результаты, но имеет сле-

дующие недостатки: 1) требует для каждого определения 20 г клейковины (дважды по 10 г); 2) требует ручной формовки шарика клейковины перед определением ее эластичности, что делает метод субъективным; 3) стоит около тысячи рублей.

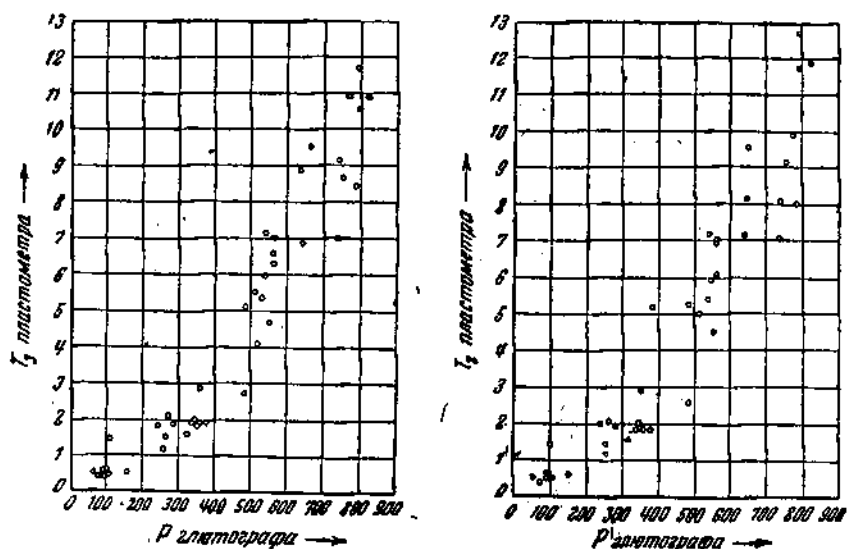


Рис. 4. Зависимость между показателями пластометра и глиотографа

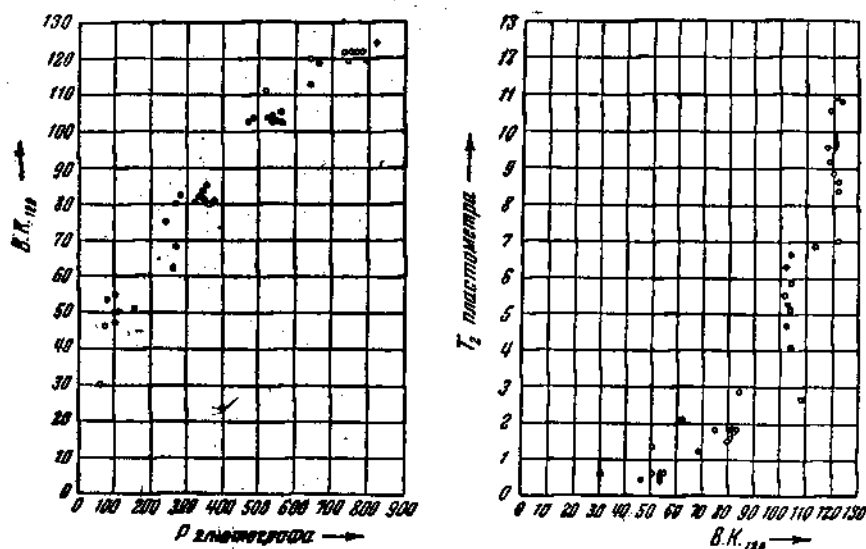


Рис. 5. Зависимость между показателями весового консистометра, глиотографа и пластометра

Пластометр — наиболее прост и дешев (при серийном изготовлении стоимость его не должна превышать двухсот рублей). Определение на нем качества клейковины не имеет элементов субъективности.

Исходя из этого, мы считаем, что пластометр АВ-1 имеет все основания для широкого использования в лабораториях хлебозаводов и мельниц. Нам представляется вполне целесообразным использование

его и на селекционных станциях для оценки клейковины селекционных сортов пшеницы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bailey C. H. Wheat Studies of the Research Institute, 16, № 6, 1940.
2. Третьяков В. М. Советское мукомолье и хлебопечение, № 1 и 8—9, 1931.
3. Демидов П. А. Советское мукомолье и хлебопечение, № 2, 1927.
4. Козьмина Н. П. Mühle laboratorium, 4, № 2, 1934.
5. Проскуряков Н. И. и Зезюлинский В. М. Биохимия хлебопеч., сб. 2, 1941.
6. Ауэрман Л. Я. Биохимия хлебопечения, сб. 2, 1941.

L. AUERMAN

A PHYSICAL METHOD FOR THE DETERMINATION OF THE GLUTEN QUALITY

SUMMARY

The description of an instrument is given allowing the evaluation of the gluten quality and named «plastometer».

The principle of work is based on the pushing of the gluten through an aperture under the action of a definite load with the account of the time necessary for the outflow of the gluten of a standard weight.

By this method the quality of gluten may be characterized by the time required for the pressing out of the gluten. The more strength the gluten possesses, the more time is required for its pressing out and vice versa.

From the comparison of the Brabender glutograph and of the weight-consistometer with the plastometer on a considerable number of samples a complete agreement of results was obtained.

From the three tested instruments the plastometer was found to be the most simple and cheap, and is quite deprived of the subjective elements, these conditions gave the basis to its large utilization in the laboratories of bread factories and mills.

Н. И. ПРОСКУРЯКОВ и А. А. БУНДЕЛЬ

КАЧЕСТВО БЕЛКОВ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ И ИХ ФЕРМЕНТАТИВ- НАЯ АТАКУЕМОСТЬ

(Институт биохимии Академии Наук СССР)

ВВЕДЕНИЕ

Под сложным понятием хлебопекарной способности пшеничной муки подразумевается, как известно, множество отдельных факторов, хотя и влияющих друг на друга, но различающихся между собой по своей значимости. Наиболее существенным из них по праву следует считать белковый комплекс муки, т. е., в основном, клейковину. Количество и в особенности качество клейковины обуславливают целый ряд весьма важных свойств теста (его консистенцию, газоудерживающую способность и тесно связанную с ней распыляемость), что, в конечном итоге, определяет собой и качество хлеба. Свойства белков муки, образующих клейковину, зависят преимущественно от активности протеслитических ферментов, могущих оказывать сильное влияние на клейковину, и состояния самих белков, обуславливаемого еще не достаточно выясненными причинами. Весьма важно уметь распознавать, чем в каждом конкретном случае определяются те или иные качества белков: активностью ли ферментов или же исходными особенностями самих белков. Знание отдельных факторов, определяющих качество клейковины, позволит ставить точный диагноз и правильно подойти к расшифровке явлений, связанных с изменениями белкового комплекса при различных технологических процессах в мукомолье и хлебопечении.

«Для того, чтобы планомерно и рационально вести борьбу за качество хлеба, — указывает Опарин, — необходимо вскрыть те причины, которые лежат в основе хлебопекарных свойств зерна и муки, необходимо дать в руки селекционеру, мукомолу и хлебопеку те объективные показатели качества, по которым можно было бы непосредственно оценивать зерно и муку» [1].

Прямым способом оценки хлебопекарной способности пшеничной муки являются пробные выпечки; но кроме них имеются и косвенные методы, позволяющие учитывать отдельные свойства муки. Эти методы дают возможность выявить заранее потенциальные способности муки и в известной степени предвидеть поведение теста в процессе его приготовления и выпечки. Поэтому пробные выпечки должны осуществляться на основе учета важнейших показателей качества муки, полученных с помощью косвенных методов. К сожалению, до сих пор

еще не существует общего и единого мнения в отношении удельного значения отдельных качественных показателей зерна и муки. Так, например, в Америке и Канаде признают решающими только результаты пробных выпечек, вследствие чего испытания на качество клейковины и механические свойства теста не получили там пока достаточно широкого распространения. Это объясняется, повидимому, тем, что североамериканские пшеницы, за редкими исключениями, обладают клейковиной хорошего качества, почему исследователи и ограничиваются лишь определением ее процентного содержания. Однако за последнее время и в Америке произошел определенный сдвиг, поскольку и там начинают проводиться работы, связанные с отысканием способов, могущих давать качественную характеристику белков.

В случаях же наличия пшениц с резко различной по качеству клейковиной правильная оценка ее совершенно необходима для получения объективной характеристики хлебопекарной способности муки. Но если определение количества клейковины представляет собой сравнительно простую операцию, то качественная ее характеристика значительно труднее. Из многочисленных способов, предложенных целым рядом исследователей и основанных на самых разнообразных принципах, методика оценки клейковины по Берлинеру и Коопману является до сих пор одной из наиболее удачных и объективных. Следует отметить, что в ряде стран определение так называемого «числа набухания» клейковины в течение долгого ряда лет служит совершенно необходимым и постоянным показателем качества местных и импортируемых пшениц и муки при их приеме. Данным показателем руководствуются также и при производстве пробных выпечек. Для установления хлебопекарного достоинства муки, для рационального применения методов улучшения ее клейковины в связи с сушкой, кондиционированием, специальной термической обработкой и т. д., для понимания данных сложных явлений в их совокупности нужно уметь разбираться в сущности этих процессов и учитывать их дифференцированно. Отсюда с очевидностью вытекает необходимость иметь соответствующие методы для определения действия тех факторов, которые могут в той или иной степени влиять на качество белков и протеазный комплекс зерна и муки.

Основными задачами настоящего исследования было изучение качественных отличий в белковом комплексе сортовых пшениц, а также и его изменений под влиянием различных факторов. С этой целью применялись следующие разработанные нами методы определения качества белков: 1) с помощью диспергирования клейковины в молочной кислоте и учета степени мутности получаемых при этом растворов фотоэлектрическим путем или по содержанию азота и 2) по их атакуемости или сопротивляемости при действии протеолитических ферментов.

До изложения экспериментального материала считаем целесообразным привести краткий обзор появившихся за последние два года наиболее существенных работ, как имеющих непосредственное отношение к протеолитическим ферментам и белкам пшеничной муки, так и частично затрагивающих и другие объекты.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Одним из наиболее существенных факторов, обуславливающих активность протеолитического комплекса, являются окислительно-восстановительные условия среды. Наличие подобной связи между

интенсивностью протеолиза и редокс-потенциалом было показано Рейссом в работах, изложенных в нашей предыдущей статье [2]. В своей последней работе 1939 г. [3] Рейсс исследовал с той же точки зрения протеолитическую систему ячменя по действию на его же собственные воднорастворимые белки путем определения содержания аминного азота в аутолитических смесях. С этой целью к тонко измельченной муке добавляли 0.9% раствор хлористого натрия и после $\frac{1}{2}$ -часового встряхивания и вторичного растирания смесь центрифугировали. Слегка мутноватую жидкость доводили сначала до необходимых pH и gH путем добавления в меняющихся количествах необходимых реактивов, помещали в специальных трубках на 48 часов при 37°, после чего измеряли прирост аминного азота по сравнению с контролем. Были проведены опыты при трех различных начальных pH; оказалось, что при увеличении окислительно-восстановительного потенциала протеолиз замедлялся и, наоборот, падение потенциала усиливало освобождение аминного азота, достигавшее максимума, примерно, при 0 mV по отношению к нормальному водородному электроду. При отклонении потенциала от указанной величины протеолитическая активность уменьшалась. Таким образом, Рейсс на новом объекте дал ясное доказательство того, что течение протеолиза в аутолитических смесях является функцией редокс-потенциала среды, поскольку в умеренно восстановленной среде им был обнаружен ясный оптимум протеолиза, а в средах избыточно восстановленных, с одной стороны, и в индифферентных и окисленных, с другой, наблюдалось заметное падение ферментативной деятельности.

В этой работе Рейсса влияние оксидоредукции обнаруживалось суммарно — в том смысле, что оно могло сказываться как на ферментной системе, так и на белковом субстрате, и между этими обоими явлениями не было сделано никакого разграничения. Но можно предполагать, что, помимо изменения активности протеолитических ферментов, осуществляемого с помощью ряда окислительно-восстановительных веществ, и самые белки при аналогичной обработке способны претерпевать соответствующие изменения, в результате чего их устойчивость по отношению к ферментативному воздействию будет сдвигаться в ту или иную сторону, в тесной зависимости от условий оксидоредукции.

Весьма наглядной иллюстрацией данного положения может служить работа Нагаи [4], показавшего на многочисленных примерах, что ферментативная атакуемость белков действительно изменяется, находясь в известной связи с их предварительной обработкой различными окислительно-восстановительными реагентами. По его данным, слабое окисление белков увеличивало их ферментативную сопротивляемость, в то время как восстановление, наоборот, ослабляло. Автором было показано, что перевариваемость казеина под влиянием трипсин-киназы падала при добавлении H_2O_2 , соответствуя повышению редокс-потенциала в реакционной смеси, и что, наоборот, водород *in statu nascendi* из сукцинат-сукциндегидразной системы усиливал перевариваемость мышечных белков параллельно падению потенциала среды. Ферментативный гидролиз казеина ускорялся при добавлении экстракта из глазного хрусталика, обладающего сильной восстанавливающей способностью. Особенно интересны опыты Нагаи с перевариваемостью белков, подвергнутых обработке H_2O_2 или гидросульфитом натрия. Водный раствор белка хрусталика обрабатывался H_2O_2 различной концентрации, от $\frac{1}{16}$ моля до 2 молей, и после осаждения спиртом и высушивания подвергался действию трипсин-киназы. Оказалось, что по мере увеличения концентрации H_2O_2 гидролиз белка ослаблялся при

соответствующем повышении Ен. Аналогичные результаты были получены и по перевариваемости казеина, подвергнутого предварительному окислению H_2O_2 . Одновременно и соответственно с этим удельное вращение растворов казеина снижалось. И, наоборот, у казеина, восстановленного гидросульфитом натрия, возрастала как перевариваемость, так и вращательная способность. Однако, оценивая полученные Нагаи результаты, вполне законно также предположить, что и сами белки, окисленные или восстановленные в той или иной степени, могут оказывать соответствующее влияние на активность фермента. Эти факты с наглядностью демонстрируют чрезвычайную сложность явлений протеолиза, связанных как с изменением активности ферментов, так и с возможностью изменений самого белкового субстрата, могущего оказывать в свою очередь то или иное воздействие на фермент.

Вопросы, связанные с изучением самого механизма протеолиза, наличием в белках сульфгидрильной группы и ее значением в ферментативных процессах, рассматривались Шамшиковой [5]. Качественные и количественные пробы на SH-группы в препаратах различных нативных белков растительного происхождения показали отсутствие в них активных SH- и SS-групп. При термической денатурации SH-группы появлялись, но в очень небольшом количестве и быстро окислялись. С помощью тиогликолевой кислоты было осуществлено искусственное восстановление кукурбитина, после чего означенный белок подвергали протеолизу в присутствии папаина или панкреатина. Оказалось, что после восстановления кукурбитин, дававший уже положительную реакцию на SH-группы, значительно интенсивнее расщеплялся даже неинaktivированным папином. Опыты с белком, у которого SH-группы замещались медью, показали почти полное отсутствие протеолиза при наличии даже активированного папаина. С другой стороны, растворы папаина, предварительно обработанные закисью меди, полностью теряли способность расщеплять восстановленный белок со свободными SH-группами. Применение иодуксусной кислоты в целях фиксации SH-групп белка дало основание признать, что для протеолиза, вызываемого папином, необходимы, повидимому, как SH-группы фермента, так и SH-группы белка. На основании опытов Шамшиковой можно считать вполне вероятным, что системы, состоящие из белковых субстратов и ферментов, существуют в живом организме при известном равновесии восстановленной и окисленной форм белков, причем последняя в состоянии легко восстанавливаться за счет одновременного присутствия в организмах ряда веществ, обладающих также свойством быстро окисляться и восстанавливаться (глутатион, аскорбиновая кислота). Считаясь с возможностью проведения работ по определению SH-групп в белках и, в частности, в клейковине, следует указать на некоторые сообщения по данному вопросу, но применительно к другим объектам.

Интенсивному изучению сульфгидрильных групп в белках посвящен ряд работ Гринштейна [6] с применением в качестве предложенного недавно индикатора порфирина. Несмотря на известные удобства, применение данной методики страдает некоторыми недостатками вследствие, в частности, плохой сохраняемости окрасок.

Применив реакцию между иодуксусной кислотой и тиоловыми группами в денатурированных белках, Рознеру [7] удалось выработать довольно простой метод определения указанных групп, основанный на освобождении HI при данной реакции с последующим измерением интенсивности окраски раствора свободного иода фотометрическим пу-

тем. В опытах с коагулированным при нагревании яичным альбумином в последнем было найдено по данному методу 0.55% цистеина, что хорошо согласуется с результатами других авторов, применявших совершенно иные способы. Было подмечено далее, что содержание цистеина быстро уменьшалось, если растворы коагулированного альбумина оставались при $\text{pH} = 7.3$ на несколько часов до их обработки иодацетатом, что свидетельствует о чрезвычайной лабильности SH-группировок, быстро подвергающихся окислению на воздухе.

Помимо возможного влияния свободных SH-групп на интенсивность протеолиза, имеет значение и наличие в белках свободных гидроксильных групп, согласно сообщению Евреиновой [8]. Поставленные ею опыты по протеолизу ацетилированного и дезаминированного гланина по сравнению с контрольным, исходным препаратом показали, что существуют совершенно очевидные отличия в характере действия на эти белки папаина, панкреатина и пепсина. Полученные результаты подчеркивают значение, которое имеет для протеолиза под влиянием ферментов типа трипсина присутствие в белках свободных OH-групп.

Интересная дискуссия развернулась в связи с возможностью проведения *in vitro* реакций ферментативного синтеза белковых веществ. После сообщения Стрена и Линдерштрем-Ланга [9], изложенного уже в нашем предыдущем обзоре и опровергающего возможность синтеза белков под влиянием папаина при азиривании или пропускании кислорода через смесь, состоящую из продуктов расщепления белков, Мавер и Феттлин [10] опубликовали новые результаты, в основном подтверждающие их прежние выводы. В отличие от предыдущих опытов с тканевыми вытяжками, авторы в цитируемой работе ограничились изучением более простой системы из фибрина, папаина и глутатиона, что представляло значительные преимущества, вследствие возможности получения повторяемых условий для проявления деятельности фермента и его активатора. В опытах с повышенным содержанием фибринового азота наблюдался заметный прирост в белковом азоте. При меньшей концентрации фибринового азота обратимости протеолиза при пропускании кислорода была небольшой, замедленной или даже отрицательной. Таким образом, авторами подчеркивается преобладающее значение для возможности осуществления синтетических процессов при пропускании кислорода количественных соотношений следующих факторов: белкового субстрата, фермента, активатора и степени гидролиза. Противоречие в результатах изложенной работы и сообщениях Стрена и Линдерштрем-Ланга, по мнению авторов, обуславливается различиями в применявшейся технике исследования. В целях проверки и сравнения Линдерштрем-Лангом и Йогансеном [11] была в точности воспроизведена только что описанная методика.

Опыты, выполненные ими с чрезвычайной тщательностью, состояли в пропускании кислорода в реакционную смесь из тончайшей суспензии фибрина в буферной смеси в присутствии папаина и восстановленного глутатиона. В смесях до и после протеолиза определялись общий и белковый азот и pH на ряду с нитропруссидной пробой. Из сравнения полученных результатов можно сделать заключение, что никакого синтеза белков при пропускании кислорода не происходило, несмотря на то, что нитропруссидная проба, бывшая вначале положительной, становилась отрицательной после пребывания испытуемых смесей в атмосфере кислорода.

Однако в дальнейшем Стрен и Линдерштрем-Ланг [12] обнаружили, что в очень концентрированных смесях, состоящих из продуктов расщепления животных белков, под влиянием папаина при азиривании действительно происходило уменьшение растворимого в трихлор-

уксусной кислоте азота, причем одновременно возрастало количество азота, осаждаемого тем же реактивом. Это явление, однако, не сопровождалось уменьшением количества аминокрупп, но все свободные SH-группы исчезали полностью. Отсюда сделано заключение, что прирост не осаждаемых трихлоруксусной кислотой соединений может происходить не за счет синтеза веществ с большим молекулярным весом путем образования настоящих пептидных связей, но вследствие возникновения дисульфидных мостиков между различными пептидами, а вместе с этим и агрегатов большего размера. С таким заключением придется считаться во всех случаях при интерпретации результатов работ с применением трихлоруксусной кислоты.

В ряде объектов Ганапати и Састри [13] установили природу естественных активаторов растительных протеиназ. Так, с помощью иодометрического титрования ими доказано наличие восстановленного глутатиона в млечном соке *Carica papaya*, соке ананасов, огурцов и других растений. В опыте с дынным деревом глутатион был изолирован ими в виде медного соединения почти аналогично тому, как это было осуществлено Селливен с сотрудниками [14] в их работе с зародышем пшеницы.

Теми же исследователями [15] было найдено, что в млечном соке и в мякоти плодов дынного дерева имеется система, которая поддерживает тиоловые соединения в восстановленной форме и в состоянии даже восстанавливать добавленные извне дисульфидные соединения в вещества с SH-группой, причем данная система может инактивироваться при повышенной температуре. Эта восстанавливающая система является регулятором направленности протеолитических процессов и содержания сульфгидрильных соединений, представляющих собой естественные активаторы папаина и управляющих его активностью. Та же система способствует косвенным путем поддержанию одновременно присутствующей аскорбиновой кислоты в восстановленном состоянии, поскольку тиоловые соединения обладают, как известно, защитным механизмом против окисления витамина С аскорбиноксидазой или медью. Данные этих исследователей приводятся с целью сопоставления с аналогичными ферментными системами и активаторами протеолиза, имеющимися в пшеничной муке, как пример, указывающий на известную близость явлений, протекающих в объектах, казалось бы далеко отстоящих друг от друга.

Улучшение препаративной техники позволило Боллсу и Лянгуверу [16] получить папаин в кристаллическом виде путем экстрагирования разбавленного млечного сока *Carica papaya* слабым раствором цианистого натрия, осаждения сернистым аммонием, последующего повторного осаждения в присутствии хлористого натрия и кристаллизации на холоду при определенном pH. Было установлено, что молекулярный вес кристаллического папаина равнялся приблизительно 27 000, содержание в нем азота составляло 15.5%, серы — 1.2% и в том числе цистина — 0.9%. Активность полученного указанного способом препарата могла быть снижена под влиянием окисления до некоторого меняющегося предела, но без изменений в кристаллической форме.

Далее, ими же [17] в работе по отысканию природы той группы папаина, наличие которой обуславливает его активность, было установлено, что кристаллический препарат папаина давал положительную пробу с нитропруссидом натрия при отсутствии цианида только после денатурации. После инактивации нативного белка иодацетатом и денатурации уже не наблюдалось аналогичной положительной пробы без добавления цианида.

До изложения материалов, связанных с работами по протеазно-белковому комплексу пшеничной муки, считаем нужным привести основные итоги изучения биохимических показателей зерна и муки, изложенные Опарным [1]. В указанной статье сообщаются результаты коллективной работы ряда институтов по выяснению роли и значения важнейших ферментных систем пшеничной муки и по применению некоторых разработанных методов оценки хлебопекарной способности муки в производственных условиях. Было показано, что с помощью данных способов, не прибегая к пробной выпечке, можно правильно составлять «валку» муки и получать стандартный хлеб хорошего качества. В этой же работе Опарин, на основании углубленного изучения протеазно-белкового комплекса муки, проведенного в Институте биохимии АН СССР, развивает новое представление о различиях в атакуемости или сопротивляемости белков ферментативному воздействию, излагает принципы примененных для этого методов и подчеркивает большое значение дифференцированного, а не только суммарного изучения процессов протеолиза, протекающих в тесте или клейковине.

Продолжая исследования по изучению протеолитических ферментов в пшенице, Хейл [18] осуществил выделение препарата протениназы из пшеничной муки типа «патент». Экстрагирование муки проводилось при 0° 10% раствором хлористого натрия, содержащим следы цистеина, а из центрофугата, путем фракционирования осаждения сернокислым аммонием различной концентрации, выделялся осадок, служивший после некоторой очистки ферментативным препаратом в виде диализированного глицеринового раствора. Определение активности полученных препаратов, проводившееся вискозиметрическим способом по разжижению желатинны, показало, что они активировались цистеином, ингибировались цистином, броматом, персульфатом, метаванадатом, иодуксусной и аскорбиновой кислотами. Не было обнаружено каких-либо существенных различий в препаратах из муки по сравнению с аналогичными препаратами из отрубей и целого зерна в отношении влияния упомянутых реактивов. На основании полученных данных Хейл причисляет изолированный им препарат протениназы из пшеничной муки к ферментам типа папаина. Чрезвычайно интересно предварительное сообщение Боллса и Хейла [19] о том, что ими найдено новое соединение в жировой фракции из пшеничной муки, подвергнутой экстрагированию петролейным эфиром. После ряда операций, связанных с очисткой и удалением жиров, стерина и пигментов, им удалось выделить в небольшом количестве вещество азотистого характера, богатое серой, но не содержащее фосфора. Водный раствор данного соединения давал сильную нитропруссидную пробу, но только после восстановления цианидом, что, повидимому, связано с наличием в нем обратимо-окисленной SH-группы. Нахождение в муке такого вещества, относительно которого и сами авторы высказывают еще сомнения, не является ли оно продуктом вторичного порядка в результате длительных обработок, представляет, однако, весьма большой интерес. Влияние жировой фракции муки на качество клейковины находят, таким образом, в данной работе новое и совершенно неожиданное толкование.

Изучение механизма действия окислителей на протеолитическую систему пшеничной муки, естественно, продолжает привлекать внимание ряда исследователей. Еще в 1937 г. Фрейлих и Фрей [20] указали на наличие определенной зависимости между активностью протеолитических ферментов и кислородом. Продолжая эти работы, они [21] произвели серии выпечек для выяснения особенностей, вызываемых

добавлением в тесто папаина и бромата. Полученные ими результаты еще раз подтвердили, что качество хлеба сильно снижалось при добавлении папаина, но постепенно улучшалось по мере добавления бромата до известного предела, после которого снова наблюдалось уменьшение объема. Было показано, что улучшающее действие бромата, взятого в небольших количествах, проявлялось только при непродолжительном брожении теста, в дальнейшем же наблюдалось обратное явление, т. е. прогрессивное уменьшение объемных выходов хлеба. При постепенно увеличивающихся дозах бромата было также замечено значительное снижение в объеме хлеба, в особенности в случае применения чрезвычайно больших доз. Далее авторы пытались поставить в связь снижение качества хлеба при избытке бромата с длительностью брожения. Добавление соляной кислоты к молодому тесту приводило к понижению объема хлеба, а замешивание подкисленного теста в атмосфере углекислого газа оказывало еще более ухудшающее влияние.

В следующей работе Фрейлих и Фрей [22] подвергли анализу значение перебивки теста после брожения. Оказалось, что при получении пониженного объема хлеба при передозировке бромата или при добавлении к тесту кислоты можно было избежать таких нежелательных результатов путем применения перебивок теста после брожения. В связи с этим было выяснено также и оптимальное время для перебивки и значение при этом кислорода; было обнаружено, что на понижение объемного выхода хлеба, полученного из теста с добавлением бромата, после оптимальной продолжительности перебивки самое существенное влияние оказывает кислород. Замена кислорода азотом позволяла устранить это вредное влияние.

Указанные улучшения в объемах хлеба при перебивках приписываются авторами преимущественно физическим изменениям в коллоидных свойствах теста.

Наконец, в своей последней работе [23] они рассматривали влияние на тесто протеолитических ферментов и восстанавливающих веществ при замешивании в атмосфере кислорода. При добавлении папаина в тесто при замесе в присутствии кислорода удалось полностью освободиться от ухудшающего действия папаина. Однако при обработке кислородом самого папаина такого же положительного эффекта не наблюдалось. В опытах по выяснению влияния кислорода на зародыш, цистеин и глутатион при их добавлении к тесту было обнаружено весьма благоприятное воздействие кислорода при замесе, устранявшее вредный эффект от этих веществ. При сравнении быстроты действия папаина, глутатиона и цистеина было подмечено, что размягчение теста под влиянием двух последних препаратов протекало значительно быстрее, обнаруживаясь почти непосредственно при замесе, в то время как папаин действовал лишь постепенно. Обработка муки различных типов и сортов одним кислородом влияла на нее не одинаково, причем с увеличением выходов возрастала, соответственно, и эффективность подобной обработки. В обработанном кислородом тесте с добавленным папаином наблюдалась заметная убыль в содержании формольного азота, достигавшего, наоборот, значительной величины в тесте без такой обработки.

Влияние химической обработки муки на изменение ее хлебопекарной способности изучалось также Бурианом [24], который показал, что примененные им препараты (бромат, персульфат и др.), не влияя на дрожжи стимулирующим образом и не увеличивая тем самым газообразования в тесте, оказывали ингибирующее действие на деятельность в нем протеолитических ферментов. В лабораторных опытах при добав-

лении KBrO_3 в количествах от 4 до 8 мг на 100 г муки увеличивались объемные выхода хлеба в среднем на 11% по сравнению с необработанной мукой; добавление аскорбиновой кислоты (0.8 и 1.6 мг) увеличивало выход хлеба приблизительно на 23.4%. При сравнении данных по фаринограммам было обнаружено, что имеются некоторые отличия в характере действия бромата и аскорбиновой кислоты, состоявшие в том, что последняя не влияла, видимо, по мнению автора, на физические свойства теста при отлежке; в то же время действие бромата проявлялось как в ингибировании протеолитических ферментов, так и в изменении вязкости белков.

На несколько иную трактовку и объяснение переходит Вейола, говоря о действии бромата калия в качестве улучшителя в хлебопечении. Согласно его данным, значительное влияние на результаты выпечки производит перебивка теста, что в особенности проявляется при добавлении бромата калия. В ряде опытов им показано, что сильная мука, хлебопекарная способность которой при обычной перебивке ухудшается уже при малой дозировке KBrO_3 (0.0015%), при значительно большей его добавке (до 0.006%), наоборот, существенно улучшается. Автор считает, что вообще не существует такой муки, хлебопекарное достоинство которой при добавлении KBrO_3 не улучшалось бы, почему и представление о его передозировке, по мнению автора, теряет всякое реальное значение. Действие бромата проявляется исключительно в изменении гидратационной способности коллоидного геля теста.

При добавлении чрезвычайно больших концентраций бромата до 0.1%, тесто при соответствующей перебивке приобретало консистенцию клейстера. Эти факты, как полагает Вейола, трудно согласовать с теорией «броматной депрессии» Йоргенсена, согласно которой тесто чрезвычайно уплотняется при слишком большом прибавлении бромата и становится не способным к выпечке вследствие полной инактивации протеолитических ферментов.

В ряде сообщений Циглер также подверг рассмотрению вопрос о действии улучшителей на свойства теста. Считая, что восстановленный глутатион является, вероятно, главнейшим фактором, обуславливающим низкое качество муки, Циглер [25] уделил большое внимание подробному изучению вопросов, связанных с окислением глутатиона. По данным его опытов, глутатион, подвергающийся в водных растворах медленной аутоокиссации, окислялся броматом тем быстрее, чем выше была дозировка последнего, но даже и при очень большой концентрации бромата окисление глутатиона все же не проходило мгновенно, как это имеет место, например, при добавлении йода. При повышении температуры растворов глутатиона свыше 60° наступало быстрое окисление, причем оно заметно замедлялось в атмосфере углекислого газа. В присутствии небольших количеств бромата окисление глутатиона начиналось уже при температуре около 40° . При испытании влияния на скорость окисления броматом некоторых катализаторов оказалось, что соли закисного и окисного железа действовали как весьма сильные катализаторы.

Таким образом, известный факт, состоящий в том, что бромат действует в качестве улучшителя в пшеничном тесте лишь постепенно, находит объяснение в замедленной скорости окисления глутатиона под влиянием бромата.

В дальнейшем Циглер [26] задался целью установить, оказывает ли какое-либо действие на свойства теста окисленный глутатион, исходя из того, что вследствие окисления восстановленного глутатиона в данном тесте будет присутствовать некоторое количество и его окисленной

формы. С помощью экстенсиметра Шопена было показано, что окисленный глутатион обладал некоторым улучшающим действием на механические свойства теста. Пробные выпечки обнаружили определенный прирост в объемном выходе хлеба при применении окисленного глутатиона по сравнению с результатами выпечек при добавлении восстановленной формы. На основании этих результатов Циглер делает заключение, что улучшение хлебопекарных свойств при добавлении KBrO_3 зависит не только от подавления неблагоприятного воздействия глутатиона как активатора протеолиза, но частично также и от последующего присутствия в тесте окисленного глутатиона.

Наконец, он же [27] предпринял подробное изучение механизма окисления глутатиона при действии бромата, хлората и персульфата. В опытах по выяснению влияния на тесто восстановленного глутатиона как одного, так и в присутствии хлористого натрия было показано, что последний защищал в известной степени клейковину против действия глутатиона, вследствие чего тесто укреплялось. Хлорат не производил окисляющего действия на глутатион, но при одновременном присутствии четырехокси осмия наблюдалось более быстрое окисление глутатиона под влиянием одного осмия. Однако в опытах с тестом не было заметно никакого улучшающего эффекта при добавлении указанной смеси. Бромат производил в тесте постепенное и медленное окисление прибавленного глутатиона как при брожении, так и в пресном тесте, но даже и после двух часов бромат во взятой концентрации не останавливал дальнейшего ухудшения клейковины. В опытах с глутатионом, предварительно окисленным иодом, был констатирован такой же ход распада клейковины, как и в тесте с восстановленной формой. Автор считает, что окисленный глутатион, повидимому, снова восстанавливается в небродящем тесте, что и является причиной получения почти аналогичных фаринограмм, как и в случае применения восстановленной формы. Едва ли можно согласиться с объяснением Циглера, что подобное восстановление вызывается быстрым нарастанием восстанавливающих сахаров при замешивании, в частности мальтозой. Интересно отметить, что персульфат калия оказывал весьма слабое окисляющее действие на окисление глутатиона в растворе и что для получения одинакового окислительного эффекта персульфата требовалось в 30 раз больше, чем бромата. Отсюда автор делает вывод, что улучшающее действие персульфатов в хлебопечении обуславливается, по всей видимости, какими-то иными факторами по сравнению с броматным действием.

Дополнением к последним сообщениям о применении аскорбиновой кислоты в качестве улучшителя в хлебопечении является работа Прокуракова и Павлиновой [28]. Ими был изучен механизм действия аскорбиновой кислоты, прибавляемой в тесто в ничтожно малых дозах, и ее улучшающее влияние на объем и расплываемость хлеба, почти не уступающее бромату калия. Было показано, что этот улучшающий эффект обязан преимущественно ферментативному переводу аскорбиновой кислоты в ее дегидроформу, действие которой в свою очередь проявлялось в определенном снижении протеолиза.

Использование вышеуказанных данных по изучению действия аскорбиновой кислоты в тесте и при выпечках получило в работе Шибаева [29] еще лишнее подтверждение. Проведя сравнительные опыты по внесению водных настоев шиповника и чистой аскорбиновой кислоты при замесе теста, автор также обнаружил их положительное влияние на качество хлеба. В большинстве случаев в зависимости от качества муки увеличивался в большей или меньшей степени объемный выход, и хлеб становился менее расплывающимся. Шибаевым была подтвер-

ждена также и большая эффективность применения дегидроаскорбиновой кислоты по сравнению с аскорбиновой.

Исходное качество клейковины может, разумеется, сильно изменяться в процессе брожения теста как под влиянием протеолитических ферментов муки и их активаторов, так и под действием вторичных продуктов брожения — углекислого газа, органических кислот и т. д. Следует упомянуть об одной из весьма малочисленных работ в данном направлении, а именно о работе Гийме [30], который, исследуя влияние на качество теста молочной, янтарной и других кислот, затронул также и вопрос об изменениях, претерпеваемых клейковиной в процессе брожения. Он констатировал, что вязкость растворов клейковины из теста без дрожжей уменьшалась по мере удлинения времени его отлежки. В то же время вязкость растворов клейковины из теста, приготовленного с 3% дрожжей, сначала возрастала, а в дальнейшем несколько понижалась. Эти наблюдения он привел с целью доказать благоприятное воздействие органических кислот на набухание клейковины. Помимо непосредственного влияния протеолитической активности собственных ферментов, на свойства теста могут оказывать определенное действие и прибавляемые к нему дрожжи.

Элион [31] применил новый прибор типа регистрирующих весов Chefago для учета изменений в газодерживающей способности теста в течение брожения под влиянием различных факторов, в том числе и качественных отличий в дрожжах, улучшителей в меняющихся дозах и т. д. Испытав несколько партий дрожжей, автор подметил в них известные различия, сводящиеся в основном к тому, что одни дрожжи вызывали как бы внезапный выход углекислого газа из теста, приблизительно минут через 50 после замеса, другие же — медленный выход, причем первые дрожжи вырабатывались на мелассе, а вторые на зерновом сырье. Но эти особенности в двух различных типах дрожжей обуславливались, кроме того, по указанию Элиона, и качеством самой муки, т. е. преимущественно клейковиной, что и было показано при аналогичном испытании на других образцах муки. Соглашаясь с тем, что живые, неповрежденные дрожжи не могут выделять протеиназу в тесто, автор считает, что такие дрожжи не в состоянии выделять также и глутатион. Таким образом, Элион в данной работе не смог дать какое-либо удовлетворительное объяснение тем особенностям в действии на тесто, которое оказывали на него различные дрожжи; осталось неясным, приписывать ли это специфическое влияние природе или состоянию самих дрожжей.

В связи с последней работой следует отметить новые факты, сообщенные Опариним и Онищенко [32], которые указали, что в случае наличия дрожжей с большим содержанием глутатиона, как правило, резко ухудшается качество хлеба при выпечках из муки со слабой клейковиной. Проскуряков [33] проследил динамику восстановленного глутатиона при хранении прессованных дрожжей в различных температурных условиях. Особенностью примененной в обеих этих работах методики определения глутатиона было то, что дрожжи не претерпевали никакой дополнительной обработки, вроде механического измельчения, растирания с песком и т. д. Известным подтверждением последней работы могут служить данные Бейли, Бартрама и Роу [34] по влиянию различных температур на качество и сохраняемость дрожжей при длительном хранении. Ими было доказано, что температура -1°C наиболее приемлема для хранения дрожжей; при этом дрожжи не замерзали и полностью сохраняли свои первоначальные свойства в течение продолжительного времени. Проверка вышеуказанной методики на нескольких партиях дрожжей в условиях хлебозавода, проведенная Щер-

бак [35], показала, что между содержанием глутатиона в дрожжах, их кислотностью и подъемной силой существует известная зависимость. С увеличением в дрожжах кислотности и количества глутатиона их подъемная сила уменьшается. Расплаваемость хлеба, выпеченного из «сильной», доброкачественной муки, в значительно меньшей степени обуславливается наличием большого содержания глутатиона в дрожжах, нежели в случае слабой по клейковине муки, что вполне понятно, если исходить из развиваемых нами представлений о различиях по ферментативной атакуемости белков.

Вышеприведенные данные по изменению количества глутатиона в процессе хранения дрожжей были подтверждены работой Шахнович-Смирновой [36]. По ее данным, на ряду с увеличением содержания глутатиона, понижалась стойкость дрожжей и их бродильная энергия, уменьшалась подъемная сила и одновременно нарастало число мертвых дрожжевых клеток. Проанализировав большое количество партий дрожжей, автор приходит к выводу, что количество восстановленного глутатиона в дрожжах является показателем их качества, так как имеется определенная зависимость между его содержанием, с одной стороны, и показателями стойкости и подъемной силы — с другой. Ограниченное количество работ, посвященных данному вопросу, не позволяет еще в настоящее время сказать с определенностью, насколько существенно наличие в дрожжах легко отдаваемого ими восстановленного глутатиона в окружающую среду и в какой мере это может отражаться на качестве теста и хлеба. Расширение и углубление работ, направленных на изучение качества прессованных дрожжей, следует признать весьма актуальным и своевременным.

Из работ, посвященных оценке качества белков пшеничной муки, необходимо прежде всего отметить работы Гарриса, продолжавшего изучать влияние протеолитических ферментов и KBrO_3 на качество клейковины с помощью вискозиметрии.

В своих опытах Гаррис и Джонсон [37] добавляли к тесту из испытуемой муки меняющиеся количества папаина и пепсина, а также и KBrO_3 в концентрации 0.004 и 0.016%. Клейковина отмывалась немедленно после замеса и подвергалась диспергированию в 10% растворе салицилата натрия, причем быстрота диспергирования определялась по изменению вязкости, которая по мере растворения клейковины соответственно возрастала. При добавлении ферментов наблюдался в большинстве случаев прирост в вязкости, а прибавление бромата совместно с папаином задерживало интенсивность диспергирования. Некоторые различия обнаружены в характере расщепления белков под влиянием папаина и пепсина, поскольку при добавлении папаина наблюдался значительно больший эффект как в отношении уменьшения вязкости растворов клейковины, так и в отношении образования меньшей величины частиц при ее диспергировании. В дальнейшем ими же [38] описано применение данной методики для установления отличий в клейковине из различных сортовых пшениц, для чего испытывалось влияние концентрации белка на вязкость, так же как и скорости истечения растворов под известным давлением. Результаты показали, что в зависимости от типа пшеницы объем белковых частиц, находящихся в диспергированном состоянии, менялся от большей величины к меньшей, причем в том же порядке менялась, повидимому, и гидратационная способность, находясь в соответствии с общим представлением о хлебопекарной «крепости», или «силе», муки. Данным исследованием подтверждено до некоторой степени положение Кука и Розе [39] о наличии корреляционной зависимости между показателями вязкости белковых растворов и хлебопекарными качествами муки.

Эйткен и Геддес [40] изучали степень зависимости хлебопекарной способности муки из различных пшениц (Канада, СССР, Германия, Венгрия, Англия, Аргентина, Австралия и Италия) от количества содержащегося в них белка путем прибавления высушенной при 32° и измельченной клейковины в количествах, необходимых для доведения содержания белка в муке до 13.7%. Они пришли к выводу, что большинство пшениц обладает клейковиной, очень близкой по свойствам, вследствие чего для таких пшениц содержание белка является удовлетворительным показателем хлебопекарной способности. Некоторые же из исследованных пшениц (Англия, Германия, Италия) обладали низкой хлебопекарной способностью вследствие как незначительного содержания клейковины, так и пониженного ее качества. Повышение содержания белка в такой муке до 14% также значительно улучшало качество хлеба.

Пшеницы, обладающие чрезвычайно высокой хлебопекарной способностью, имели повышенное содержание высококачественной клейковины. Примешивание такой клейковины для повышения процента белка в слабой муке давало наибольший эффект при выпечках хлеба.

К аналогичному выводу пришел и Гаррис [41], исследуя влияние на качество муки смешивания муки из мягкой пшеницы, обладавшей низким содержанием белка (7.5%), с сухой клейковиной, полученной из ряда американских пшениц, при доведении в исходной муке белка до 14%. Он нашел, что при высушивании клейковины по способу Эйткена и Геддеса ее свойства лишь незначительно изменяются. Гаррис показал это путем диспергирования клейковины в растворе салицилата натрия и последующего определения как вязкости полученных растворов, так и количества белка, выделяющегося из них при добавлении $MgSO_4$.

Воспользовавшись известным свойством сырой клейковины растворяться в салицилате натрия, Соседов, Вакар и Дроздова [42] предложили метод определения активности протеолитических ферментов, основанный на учете изменений в вязкости растворов клейковины под влиянием вытяжек зерна. Авторы также предлагают проводить определение «резистентности» белков, основываясь на принципе, впервые высказанном Опариным в его цитированной выше работе [1], а именно на воздействии одного и того же фермента (папаина) на клейковину из различных образцов муки.

Помимо салицилата натрия можно применять и другие растворители для клейковины. С целью оценки качества клейковины испытывалось растворяющее действие ряда различных фенолов, имеющих гидроксильные группы в положениях орто и пара. Наибольшей способностью растворять клейковину обладал резорцин, затем пирогаллол, бренцкатехин и фенол. Некоторые фенолы, наоборот, оказались не способными производить аналогичное действие, например флороглюцин, гидрохинон и хинон. Скорость растворения в резорцине определенной навески сырой клейковины может служить характеристикой ее качества: чем медленнее происходит растворение, тем лучше и устойчивее клейковина в хлебопекарном отношении.

Признание целесообразности учета не только первоначальных, исходных свойств клейковины и теста, но также и их изменений во времени привело Мунца и Брабендера [43] к необходимости сконструировать прибор нового типа, названный ими экстенсографом. Известно, что фаринограммы, получаемые при кратковременном замесе теста без длительной отлежки, имеют в ряде случаев ограниченное значение и не в состоянии обнаружить направление и величину эффекта, вызываемого, например, химической обработкой муки. Экстенсограф, основан-

ный на измерении растяжимости теста и сопротивления растяжимости, дает возможность определять показатели после того, как тесто находилось в отлежке при определенных условиях температуры и времени.

В следующей работе Мунц и Брабендер [44] применили экстенсографию как способ оценки хлебопекарных качеств и действия окислительных агентов на пшеничную муку. Было показано, что различия в экстенсограммах, полученных на тесте без добавления и с добавлением бромата, могли быть обнаружены лишь тогда, когда тесто находилось в отлежке более или менее длительный срок, а не подвергалось испытанию немедленно после замеса. После простой математической обработки экстенсограммы оказались, таким образом, полезными для предварительного суждения о том, возможна или невозможна ответная реакция муки на прибавление к ней бромата калия, что является, по нашему мнению, значительным успехом. Опытные выпечки обнаружили близкое сходство с результатами испытания на экстенсографе. При обработке муки треххлористым азотом и хлором также было констатируется существенное изменение свойств теста. Добавление 0.005% папайна весьма заметно сказывалось на экстенсограммах, обнаруживших увеличение растяжимости теста; при одновременном же добавлении 0.002% KBrO_3 влияние папайна полностью устранялось, причем полученные кривые напоминали контрольные. Аналогично папайну вел себя и цистенин, взятый в количестве 0.005%; его действие также нацело исключалось, если вместе с ним добавлялся бромат. При термической обработке муки, связанной, как известно, с определенным улучшением хлебопекарных качеств, по крайней мере некоторых сортов со слабой и средней клейковиной, были обнаружены изменения, близкие к тем, которые получались и при добавлении смеси бромата и персульфата в определенных дозировках. Добавление в тесто пшеничного солода в нормальных количествах существенно не изменяло характера экстенсограмм. Авторами были даны примерные соотношения между процентом сырого протеина в муке и величиной, или «ареалом», площади экстенсограмм. Применяя данную аппаратуру, им удавалось определять устойчивость теста в процессе брожения. Использование соответствующим образом обработанных экстенсограмм дает возможность, по мнению авторов, с большой долей вероятности предсказывать хлебопекарные качества муки в отношении объемного выхода хлеба.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В наших предыдущих работах [45] были описаны как метод учета протеолиза в мучных суспензиях в течение коротких промежутков времени при применении трихлоруксусной кислоты, дающий возможность учитывать суммарный протеолитический эффект без расчленения обуславливающих его причин, так и методы, позволяющие устанавливать раздельно значение биохимических факторов, определяющих качество клейковины исследуемой муки. К таким методам следует отнести определения: 1) содержания естественных активаторов протеолиза типа глютатиона, 2) относительной активности протеолитических ферментов на эдестине, 3) качества белков клейковины по интенсивности их растворения в молочной кислоте и 4) способности белков пшеничной муки претерпевать те или иные изменения при воздействии ферментов, иными словами — их «атакуемость». Пользуясь этими методами, можно характеризовать белково-протеазный комплекс муки как в целом, так и учитывая отдельные факторы, обуславливающие его свойства, и на основе полученной характеристики, выбрать соответствующие мероприятия при ведении необходимого в каждом конкретном случае технологического режима.

Применив данные методы к изучению пшеничной муки, мы пришли к выводу, что в нормальной муке активность протеолитических ферментов теснейшим образом связана с наличием активаторов, типа глютатиона, соответствуя содержанию последних. Мука, имеющая крепкую клейковину, часто обладает наиболее активными протеиназами, а мука со слабой и среднего качества клейковиной — мало активными.

Таким образом, на первое место выступает значение качества белков, так как для муки с крепкой клейковиной, трудно поддающейся воздействию протеолитических ферментов, наличие активной протеиназы не может вызвать резкого ухудшения качества и даже, наоборот, может действовать благоприятно, в то время как влияние даже мало активного фермента на слабую клейковину может быть катастрофичным.

Разработанный нами метод определения качества клейковины по ее способности растворяться в слабой молочной кислоте дает возможность определять качество белка в малых навесах материала с небольшой затратой времени и с достаточной объективностью, причем полученные данные хорошо согласуются в большинстве случаев как с оценкой клейковины другими способами, так и с оценкой теста путем применения фаринографа и альвеографа.

Степень растворения клейковины в молочной кислоте может быть определена как по количеству азота, перешедшего в раствор, так и по степени мутности ее молочнокислых растворов нефелометрическим путем. Предварительно была испытана применимость данного метода и степень его чувствительности при изменении качества клейковины под влиянием протеолитических ферментов и ряда других факторов, причем оказалось, что данный способ во всех случаях давал возможность учитывать эти изменения с большей степенью чувствительности и объективности.

1. Качество клейковины и ее способность к диспергированию в молочной кислоте

1. Характеристика качества клейковины 70% муки из сортовых пшениц

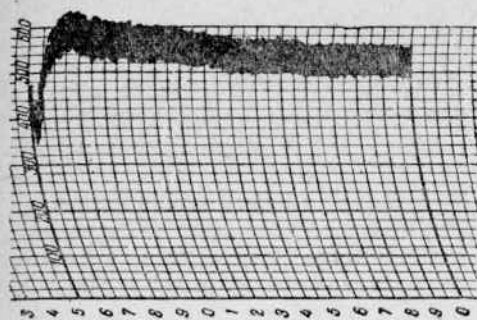
Нашей дальнейшей задачей было применение метода диспергирования клейковины в молочной кислоте к исследованию качества клейковины из муки сортовых пшениц.

Исследованию были подвергнуты 13 образцов муки 70% лабораторного помола из чистосортных пшениц; названия образцов и место их происхождения следующие.

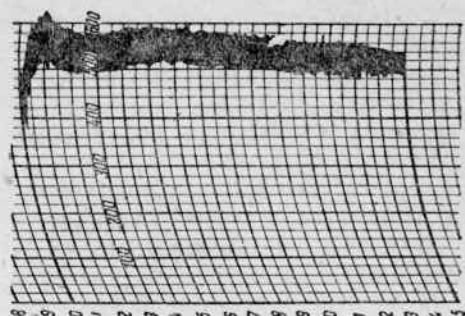
Таблица 1

Наименование образцов	Место происхождения
1. Гарнет	Благовещенская селекц. станция
2. Первенец Н-51	Одесский селекц.-генетич. институт
3. Лютеценс 01163	То же
4. Украинка	" "
5. Лютеценс 062	" "
6. То же	" "
7. Московская 2411	Благовещенская селекц. станция
8. Эритропермум 01160	Смоленская " "
9. Московская 2411	Одесский селекц.-генетич. институт
	Институт зернового хозяйства не- черноз. полосы, Немчиновка Мос- ковской обл.
10. Украинка, пораж. на 11%	ВНИИХ, Москва
11. Дюрабль	Смоленская селекц. станция
12. Заря	Немерчанская " "
13. Лютеценс 0993	Смоленская " "

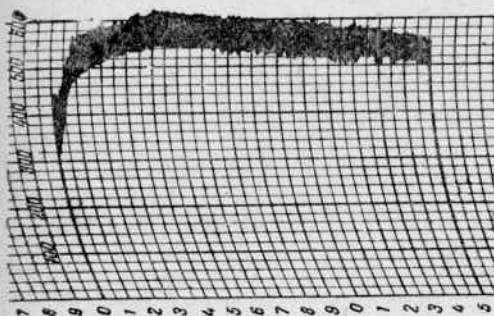
На рис. 1 приведены фаринограммы восьми образцов муки, полученные после 6 месяцев ее хранения.



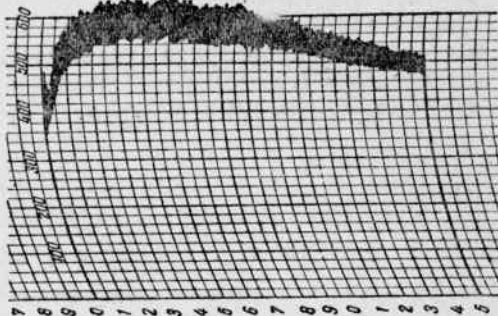
Гарнет



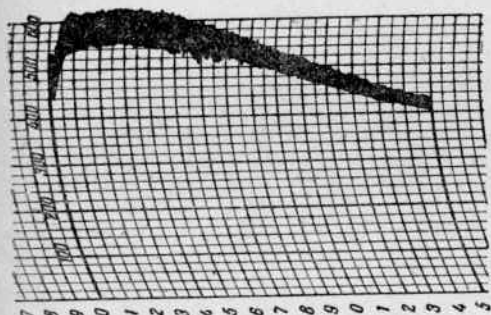
Лютесценс 01163



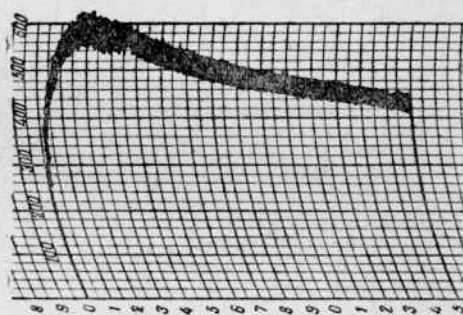
Лютесценс 062 (Благовещенск)



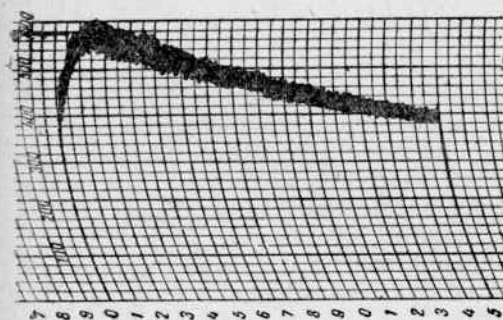
Московская 2411 (Немчиновка)



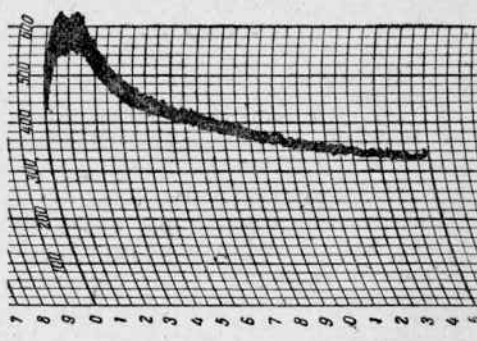
Украинка с 11% пораженных клопом-черепашкой зерен



Дюрабль



Заря



Лютесценс 0993

Рис. 1. Фотографии фаринограмм

В табл. 2 представлены результаты определения растекаемости шарика клейковины тех же образцов как сразу после помола, так и после 6 месяцев хранения (по инструкции ВНИИХ). С целью устранения воздействия на белки протеолитических ферментов муки клейковину отмывали немедленно после замешивания водой комнатной температуры (16—17°).

В той же таблице приведено содержание сырой и сухой клейковины.

Из этих данных вытекает, что взятые для исследования образцы муки резко различались между собой по «крепости», или «силе», в соответствии с качеством клейковины по ее растекаемости, и значительно меньше — по содержанию сырой и сухой клейковины.

Исходя из разработанной методики, целесообразно определять как исходное, первоначальное качество клейковины — в том случае, если диспергированию подвергается клейковина, отмываемая немедленно после замеса теста, — так и качество ее после 30-минутного аутолиза теста. Последнее определение указывает, насколько устойчива испытуемая клейковина к действию ферментов, присутствующих в тесте, иными словами — как велика или мала ее атакуемость.

Таблица 2

Характеристика муки 70% выхода из сортовых пшениц по содержанию и качеству клейковины

Наименование образцов	Содержание клейковины (в %)		Растекаемость клейковины (в % от исходного)	
	сырой	сухой	сразу после помола	через 6 месяцев хранения
Заря	23.4	9.9	92.9	60.3
Дюрабль	32.7	11.4	81.7	66.1
Лютесценс 0993	32.5	11.3	75.9	72.4
Украинка, пораж. на 11%	26.8	10.2	100.0	75.0
Эритроспермум 01160	35.5	12.0	63.8	60.7
Лютесценс 062 (Одесса)	32.5	11.2	33.9	26.7
Московская 2411 (Смоленск)	33.4	11.2	75.2	62.5
Московская 2411 (Немчиновка)	—	—	53.3	42.8
Лютесценс 062 (Благовещенск)	36.1	11.6	57.2	44.6
Украинка	31.0	10.7	36.1	7.1
Лютесценс 01163	31.6	11.1	41.7	16.0
Гарнет	34.5	12.1	15.5	7.1
Первенец Н-51	33.8	12.1	Не отмывается	

Результаты исследований клейковины с помощью фотонейфелометра приводятся в табл. 3, где приведено в показателях шкалы фотонейфелометра качество клейковины, отмывтой немедленно после замеса и после 30-минутного аутолиза из 13 образцов муки.

Полученные растворы настолько резко различались по степени мутности, что оказалось возможным расположить их показатели в определенном порядке — от совершенно прозрачных до весьма мутных. Исходное качество клейковины образцов муки из пшеницы Первенец Н-51 и Гарнет характеризовалось весьма низкими показателями, что указывало на чрезвычайно крепкую клейковину, совершенно не меняющуюся после 30-минутного аутолиза и обладающую весьма низкой атакуемостью. Лютесценс 01163, Украинка, Лютесценс 062 (Благове-

Таблица 3

Характеристика качества клейковины из 70% муки сортовых пшениц (в показателях фотонейфелометра)

Наименование образцов	Сразу после помола		После 6 месяцев хранения	
	без отлежки	после 30-минутной отлежки	без отлежки	после 30-минутной отлежки
Заря	19.0	28.5	16.0	25.0
Дюрабль	22.5	26.5	18.6	22.0
Лютесценс 0993	29.5	32.5	24.7	30.0
Украинка, пораж. на 11%	9.0	27.5	8.3	22.0
Эритроспермум 01160	5.4	19.0	4.6	14.7
Лютесценс 062 (Одесса)	3.5	8.5	1.8	5.0
Московская 2411 (Смоленск)	6.5	18.8	6.7	15.0
Московская 2411 (Немчиновка)	6.0	12.1	3.6	6.0
Лютесценс 062 (Благовещенск)	3.7	11.8	2.0	8.0
Украинка	1.4	7.5	0.0	5.0
Лютесценс 01163	1.8	3.2	0.0	1.5
Гарнет	0.3	0.3	0.3	0.4
Первенец Н-51	Не отмывается	0.7	Не отмывается	1.0

шенск), Московская 2411 (Немчиновка), 062 (Одесса) — все эти образцы обладали несколько менее крепкой клейковиной, чем два первых образца при определении без отлежки, и средними показателями для клейковины после 1/2-часового аутолиза, что показывало на среднюю атакуемость этих образцов.

Клейковина из образцов Лютесценс 0993, Дюрабль и Заря имела показатели, даже без 30-минутного аутолиза характерные для слабой, неустойчивой клейковины, после же аутолиза достигавшие максимальной величины, свидетельствуя о ее высокой атакуемости.

Особое место заняла клейковина муки из зерна Украинки, пораженного на 11% клопом-черепашкой; обладая сравнительно невысоким показателем 9.0 при отмывании без отлежки теста, она давала показатель 27.5 после 30-минутного аутолиза. Это показывает, что данная клейковина имела чрезвычайно большую атакуемость. Кроме того, этот образец заведомо ненормального качества, повидимому, обладал также и весьма активным протеазным комплексом.

Кроме оценки степени мутности фотонейфелометром, было проведено в тех же растворах определение содержания азота. Результаты этих определений представлены в табл. 4.

По содержанию азота в основном сохранялось то же расположение образцов, что и по показателям фотонейфелометра. Возможность учета скорости растворения клейковины в слабой молочной кислоте данным способом по азоту была впервые указана в нашей предыдущей работе [2]. Интересно отметить, что помутнение растворов начинает проявляться только тогда, когда содержание азота в растворе достигает 15—20% от общего азота клейковины. При меньшем содержании азота растворы остаются прозрачными и получают по фотонейфелометру оценку, характерную для чрезвычайно крепкой клейковины.

Таким образом, оказалось возможным оценивать качество клейковины, отмывой из муки как немедленно после замеса, так и после 30-минутного воздействия собственных протеолитических ферментов муки.

Таблица 4

Характеристика качества клейковины из 70% муки сортовых пшениц (в % от азота сырой клейковины)

Наименование образцов	Сразу после помола		После 6 месяцев хранения	
	без отлежки	после 30-минутной отлежки	без отлежки	после 30-минутной отлежки
Заря	60.2	86.3	51.7	64.5
Дюрабль	59.0	67.9	44.3	54.5
Лютесценс 0993	72.7	93.8	68.6	75.1
Украинка, пораж. на 11%	39.1	83.8	38.9	60.4
Эритроспермум 01160	31.1	47.2	28.15	39.1
Лютесценс 062 (Одесса)	14.7	27.9	18.8	25.2
Московская 2411 (Смоленск)	29.7	41.9	23.6	38.9
Московская 2411 (Немчиновка)	31.9	43.2	26.3	29.6
Лютесценс 062 (Благовещенск)	19.2	36.1	17.6	25.0
Украинка	14.0	30.1	15.8	26.2
Лютесценс 01163	17.3	21.3	16.9	18.9
Гарнет	14.3	16.6	16.8	22.3
Первенец Н-51	Не отмы- вается	13.6	Не отмы- вается	30.1

Было показано, что клейковина исследованных образцов муки из селекционных пшениц чрезвычайно разнообразна по своим качествам.

Влияние отлежки свежесмолотой муки на улучшение ее хлебопекарных качеств (так называемое созревание муки) представляет собой давно установленный и хорошо известный факт; отлежка муки после помола является обязательным приемом в практике мукомолья и хлебопечения. Поскольку сущность самого явления до сих пор еще не вполне выяснена, то, после того как удалось показать резкие различия по качеству клейковины свежесмолотой муки из сортовых пшениц, дальнейшим шагом являлось изучение влияния отлежки такой муки как на качество белка, так и на активность протеазного комплекса. Помимо теоретического интереса, подобные опыты имели большое значение для выяснения возможности определения качества клейковины по растворению в молочной кислоте без длительной отлежки муки. Для этого на тех же образцах 70% муки, после 6-месячного ее хранения в прохладном и сухом помещении, были проведены определения, аналогичные указанным выше. В той же табл. 3 приведены результаты этих определений. При сопоставлении исходного качества клейковины до и после 6-месячного хранения оказалось, что во всех без исключения случаях имело место ее улучшение, выразившееся в понижении растворимости в молочной кислоте. На той же таблице можно видеть влияние хранения муки на качество клейковины после 30-минутного аутолиза; во всех образцах наблюдалось снижение интенсивности протеолиза, объясняющееся, с одной стороны, укреплением качества белков клейковины и, с другой, параллельно идущим уменьшением количества подредуцирующих веществ типа глютатиона.

Это улучшение нашло свое отражение и в понижении количества азота, переходящего в растворимое состояние для большинства образцов, что можно видеть по данным, приведенным в табл. 4.

На основании этих опытов следует прийти к выводу, что хотя исходные свойства клейковины, так же как и качество ее после полу-

часового аутолиза, в процессе довольно длительного хранения муки изменялись в сторону укрепления и улучшения, расположение исследованных образцов оставалось, в основном, без изменения. Образцы со слабой клейковиной после 6-месячного хранения в нормальных условиях, без применения каких-либо специфических внешних воздействий, так же как и образцы со средней и крепкой клейковиной, расположились в той же последовательности, что и в предыдущем опыте. В виду того, что обычно в производственных условиях применяется отлежка муки после помола в течение, примерно, одного месяца, вполне возможно определять качественные отличия в клейковине разных партий муки непосредственно после помола.

2. Характеристика качества клейковины из цельносмолотого зерна тех же пшениц

При селекции пшениц на улучшение хлебопекарных качеств большое значение придается высокому содержанию белков, однако еще не достаточно учитывается их качество, в то время как этим именно свойством и обуславливается газоудерживающая способность муки — важнейший фактор в хлебопечении. Оценку хлебопекарных свойств сортовых пшениц обычно производят прямым путем, при помощи пробных выпечек. Этот способ, помимо своей громоздкости и недостаточной объективности, требует предварительного размола значительного количества зерна на специальных мельничных установках. За последнее десятилетие в селекционной практике начали получать распространение и другие, косвенные методы определения хлебопекарных качеств, дающие представление об отдельных слагаемых, составляющих общее, весьма сложное и суммарное понятие хлебопекарной способности пшениц. Ряд методов был разработан и для определения качества клейковины; таковы методы Пельшенке, Кутлера и Ворцелла, Энгельке и других. В основу последних методов, учитывающих растяжимость и эластичность клейковины, положено наблюдение за ходом сбраживания теста под влиянием дрожжей. На основе того же принципа Мельниковым [46] недавно опубликован способ, имеющий по сравнению с предыдущими известные преимущества.

Несмотря на ряд положительных сторон, означенным методам присущи и довольно крупные недостатки. Один из них заключается в том, что применяемые при этом дрожжи сильно влияют на получаемые результаты вследствие различия как в их подъемной силе, так и в других свойствах, что должно оказывать совершенно различное действие на белки в зависимости от величины их ферментативной атакующести.

Еще один способ (Берлинер и Коопман [47]), получивший большую известность, учитывает способность клейковины к набуханию и ее водопоглотительную способность по степени набухания в слабой молочной кислоте. Принцип метода состоит в измерении объема одного грамма клейковины, разрезанной на определенное число частиц после ее набухания в течение $2\frac{1}{2}$ часов в слабой молочной кислоте. Этот способ не может обладать большой точностью вследствие ряда обстоятельств, являющихся источниками ошибок. Так, например, объем набухших частиц учитывается не с достаточной точностью и т. д. Более подробная критическая оценка и проверка вышеописанных методов проведена за последнее время Проскуряковым и Бранопольской [48].

По сравнению с предыдущим, разработанный нами [49] способ оценки качества клейковины представляет определенные преимущества, так как позволяет характеризовать различия в качестве клейко-

вины сортовых пшениц с большей объективностью, незначительной затратой времени и на малых навесках зерна.

При работе с зерном предстояло учесть действие на клейковину, получаемую отмытием из цельносмолотого зерна, многих факторов, в том числе протеолитических ферментов и глютатина, присутствующих преимущественно в периферийных частях зерна. Действие указанных факторов в муке низких выходов не имеет такого значения. Влияние этих факторов могло проявляться по-разному в зависимости от свойств клейковины; поэтому предварительно были проведены опыты по установлению влияния отсеивания цельносмолотого зерна на качество клейковины.

Для этого зерно размалывали на мельнице Labsonco, и полученный материал пропускали через сита № 24 и 32, причем в первом случае отсеивали 30% более крупных частиц, во втором — 50% исходного материала. Были взяты три образца пшеницы: Гарнет, Московская 2411 и Лютеценс 0993 с клейковиной различного качества — крепкой, средней и слабой. Исследовались как отсеянный на 30 и на 50% материал, так и исходное, цельносмолотое зерно. Из клейковины, отмываемой из цельносмолотого зерна, часто бывает трудно удалить полностью все оболочки, в особенности из слабой и клейкой; поэтому необходимо было учесть возможность их влияния на мутность молочнокислых растворов. Для этого были проведены опыты с молочной кислотой в обычных условиях, но с одними измельченными отрубями. Оказалось, что получаемые при этом растворы оставались совершенно прозрачными. Таким образом, констатируется, что присутствие следов оболочек в отмытой клейковине не влияло на степень мутности получаемых растворов.

Определение качества клейковины взятых образцов производили обычным образом, с той лишь разницей, что встряхивание с молочной кислотой происходило в течение не 20, как в опытах с мукой, а 15 минут. Такое уменьшение продолжительности встряхивания дало возможность получить показатели, приближающиеся к показателям по клейковине из муки 70% выхода.

В табл. 5 приведены полученные при этом результаты. Наличие в исходном материале значительного количества отрубей не влияло на качество крепкой клейковины, отмытой даже после 30-минутного аутолиза, но оказывало заметное действие на клейковину среднего качества. Отсеивание отрубей в образце со слабой клейковиной даже до 50% от исходного количества не снижало показателей, полученных без их отсева.

Таблица 5

Влияние отрубянистых частиц на качество клейковины
(в показателях фотонейметра)

Условия опытов	Гарнет		Московская 2411			Лютеценс 0993	
	без отсева	отсев на 50%	без отсева	отсев на 30%	отсев на 50%	без отсева	отсев на 50%
Без отлежки . . .	3.5	0.0	13.2	6.5	8.27	32.8	32.6
После 30-минутной отлежки . .	3.5	2.5	24.3	19.25	14.00	31.6	30.0

На основании этих данных, учитывая возможность влияния отрубей на клейковину среднего качества, все дальнейшие опыты с цельносмолотым зерном проводили после отсеивания исходного материала на 50% и при 15-минутном встряхивании на шюттель-аппарате.

Для изучения качества клейковины чистосортных пшениц взяли образцы того же зерна, которые служили и для получения муки 70% выхода. Определения производили как без отлежки теста, так и после 30-минутного аутолиза. Первый показатель характеризует исходное качество клейковины, а второй дает представление об интенсивности ферментативной активности, зависящей, по всей вероятности, от внешних факторов при развитии и созревании зерна.

Таблица 6

Характеристика качества клейковины из цельносмолотого зерна сортовых пшениц (в показателях фотонейфелометра)

Наименование образцов	Сразу после помола		После 6 месяцев хранения	
	без отлежки	после 30-минутной отлежки	без отлежки	после 30-минутной отлежки
Заря	34.0	35.0	25.3	32.0
Дюрабль	35.0	38.0	20.7	27.0
Лютесценс 0993	35.0	35.0	29.2	29.0
Украинка, поража. на 11%	29.0	31.0	19.2	32.0
Эритроспермум 01160	18.0	30.0	15.2	28.0
Московская 2411 (Смоленск)	8.0	12.0	4.0	9.2
Лютесценс 062 (Одесса)	12.0	28.0	11.0	22.6
Московская 2411 (Немчиновка)	4.5	12.0	5.0	10.3
Лютесценс 062 (Благовещенск)	7.0	19.0	4.0	8.1
Украинка	3.0	12.0	1.2	13.0
Лютесценс 01163	0.0	7.0	1.0	7.0
Гарнет	1.0	2.0	0.0	2.0
Первенец Н-51	Не отмывается	0.0	Не отмывается	0.0

В табл. 6 приведены результаты, полученные для клейковины, отмытой из свежесмолотого зерна, после 50% отсева. Из этих данных видно, что исследованные образцы дали показатели для исходного качества клейковины от нуля до 35—38 единиц, причем между этими крайними точками имелся ряд промежуточных ступеней, характеризующих клейковину различного качества. Слабой клейковиной обладали: Украинка, пораженная клопом-черепашкой на 11%, Заря, Дюрабль, Лютесценс 0993; весьма крепкой — Гарнет и Первенец Н-51, крепкой — Лютесценс 01163 и Украинка, средней — Московская 2411, Лютесценс 062; ближе к плохим расположен образец Эритроспермум 01160. После 30-минутного аутолиза клейковина давала более мутные растворы по сравнению с предыдущими результатами по муке 70% выхода (за исключением образцов Первенец Н-51 и Гарнет), что указывает на высокую активность протеолитических ферментов в цельносмолотом зерне даже после 50% отсева.

Определение азота в тех же растворах дало возможность оценить исследованные образцы с тем же успехом. Образцы со слабой клейковиной почти полностью или полностью диспергировались в молочной кислоте, давая количество азота в растворе от 90 до 100% от общего азота взятой для диспергирования навески клейковины; в опыте с крепкой клейковиной в растворе обнаруживалось от 14 до 20% азо-

та, образцы же среднего качества заняли промежуточное положение (табл. 7).

Так же как в предыдущих опытах с клейковинной из муки, и в данных образцах цельносмолового зерна интересно было учесть влияние хранения на качество клейковины. Особенно важно было проследить, во-первых, характер изменения качества белков и, во-вторых, насколько оценка их качества, произведенная через несколько дней после размола, будет соответствовать характеристике, полученной после длительной отлежки размолотого и отсеянного на 50% зерна.

Таблица 7

Характеристика качества клейковины из цельносмолового зерна сортовых пшениц
(в % от азота сырой клейковины)

Наименование образцов	Сразу после помола		После 6 месяцев хранения	
	без отлежки	после 30-минутной отлежки	без отлежки	после 30-минутной отлежки
Заря	100.0	100.0	86.8	100.0
Дюрабль	91.1	97.0	80.9	70.4
Лютециенс 0993	91.6	84.5	82.2	85.0
Украинка, поража. на 11%	90.4	98.6	65.0	100.0
Эритроспермум 01160	49.7	61.9	41.2	75.3
Московская 2411 (Смоленск)	32.2	35.8	30.9	37.1
Лютециенс 062 (Одесса)	43.5	84.7	42.1	83.0
Московская 2411 (Немчиновка)	25.1	41.2	22.6	39.9
Лютециенс 062 (Благовещенск)	25.1	50.0	21.9	37.9
Украинка	21.6	40.0	21.6	37.7
Лютециенс 01163	20.0	32.1	21.4	32.3
Гарнет	14.6	15.7	15.5	17.1
Первенец Н-51	Не отмы- вается	19.0	Не отмы- вается	24.1

Данные, приведенные в табл. 6, показывают, что в белковом комплексе смолотого зерна при хранении в течение 6 месяцев происходят значительные изменения. Особенно резко снижаются показатели для образцов с наиболее слабой клейковинной. Укрепление клейковины проявляется тем меньше, чем она устойчивее. По всей вероятности, одной из причин укрепления клейковины при отлежке смолотого зерна являются окислительные процессы, могущие, в частности, оказывать влияние на сульфгидрильные группы в молекулах белковых веществ, и процессы, связанные с уплотнением последних. Снижение активности протеолитических ферментов также происходит, но в несколько меньшей степени, как это можно видеть по данным той же таблицы.

В табл. 7 приведены результаты определений азота в тех же растворах, подтверждающие еще раз вышеуказанные различия при применении другого способа оценки растворимых в молочной кислоте белков.

Несмотря на изменения качества белков пшеницы, происходящие при длительном хранении размолотого зерна, расположение образцов по их качеству осталось таким же, как и при испытании сразу после помола. Ни в одном случае не наблюдалось, чтобы образец, получивший низкую оценку по качеству клейковины при первом испытании, получил хорошую оценку после хранения.

Таким образом, проведенные опыты показали, что определение качества клейковины данным способом можно производить непосредственно после помола на лабораторной мельнице без длительной отлежки размолотого зерна.

3. Сравнение результатов оценки качества клейковины из муки 70% выхода и из цельносмолотого зерна

Как уже было указано выше, белки клейковины при замешивании муки из цельносмолотого зерна подвергаются воздействию протеолитических ферментов и глютатина в большей мере, чем белки муки 70% выхода, вследствие чего отмытая клейковина в первом случае обладает пониженным качеством по сравнению с клейковиной из муки. Кроме того, в отмытой из цельносмолотого зерна клейковине задерживается некоторое, большее или меньшее, количество оболочек, что, естественно, может служить большим источником ошибок, хотя бы при отвешивании клейковины. Указывалось, что многими ставится под сомнение достоверность определения количества клейковины и числа ее набухания при исследовании цельносмолотого зерна. Приходится считать с тем, что определение содержания и качества клейковины при ее отмывании из муки дает более точные данные. Тем не менее из этого никоим образом не следует делать вывода, что между качеством клейковины из зерна и из муки нет никакой зависимости.

Для получения данных, более близко соответствующих муке, часто рекомендуют производить некоторый отсев частиц. Так, например, Мельников считает нужным отсеивать 10% отрубянистых частиц из смолотого на кофейной мельнице зерна для получения исходного материала при испытании качества клейковины по способу бродильных микропроб. Для определения содержания клейковины в смолотом зерне некоторые авторы указывают на необходимость отсеивания даже 80% более грубых частиц. В официальных руководствах ряда стран при оценке качества пшениц установлен отсев грубых частиц смолотого зерна до 50% от взятого количества. Как указывалось выше, мы производили отсеивание размолотого зерна через сито № 32 до 50%.

Наши исследования ставили своей целью выявить, на ряду с другими важными моментами, зависимость между качеством клейковины из размолотого и отсеянного указанным способом зерна и получаемой из него муки. Результаты определений как для размолотого зерна, так и для полученной из него 70% муки приведены уже выше. Здесь остается только рассмотреть, насколько результаты этих определений соответствуют друг другу. На рис. 2 видно, что по качеству клейковины из смолотого зерна, определенному с помощью разработанного нами метода, можно судить о качестве клейковины муки 70% выхода, получаемой из данного зерна.

4. Качество клейковины зерна, пораженного клопом-черепашкой

На ряду с исследованием влияния на качество клейковины поражения зерен пшеницы клопом-черепашкой, изучались мероприятия, направленные на улучшение хлебопекарного качества такой пшеницы.

В наших предыдущих, уже упомянутых, работах было показано, что белки такого зерна очень ослаблены — повидимому, вследствие воздействия на них ферментов, вносимых клопом при укусе; по этой причине атакуемость таких белков чрезвычайно повышена, что

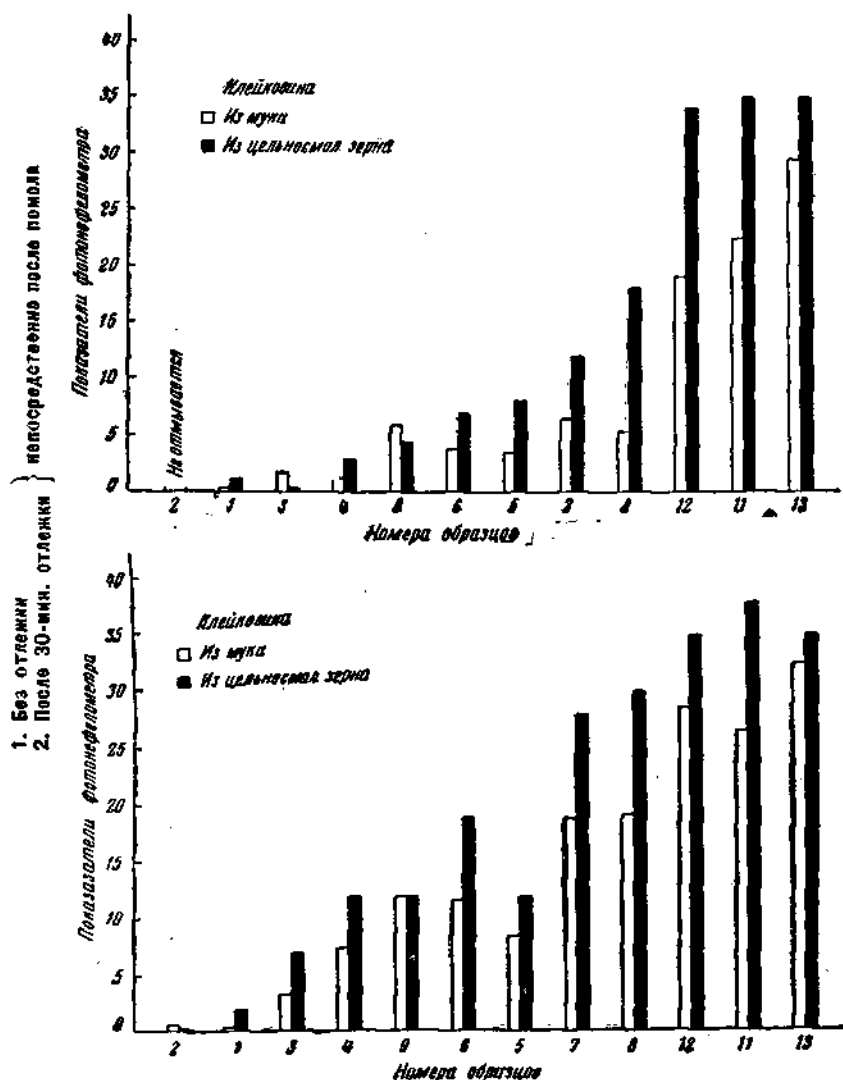
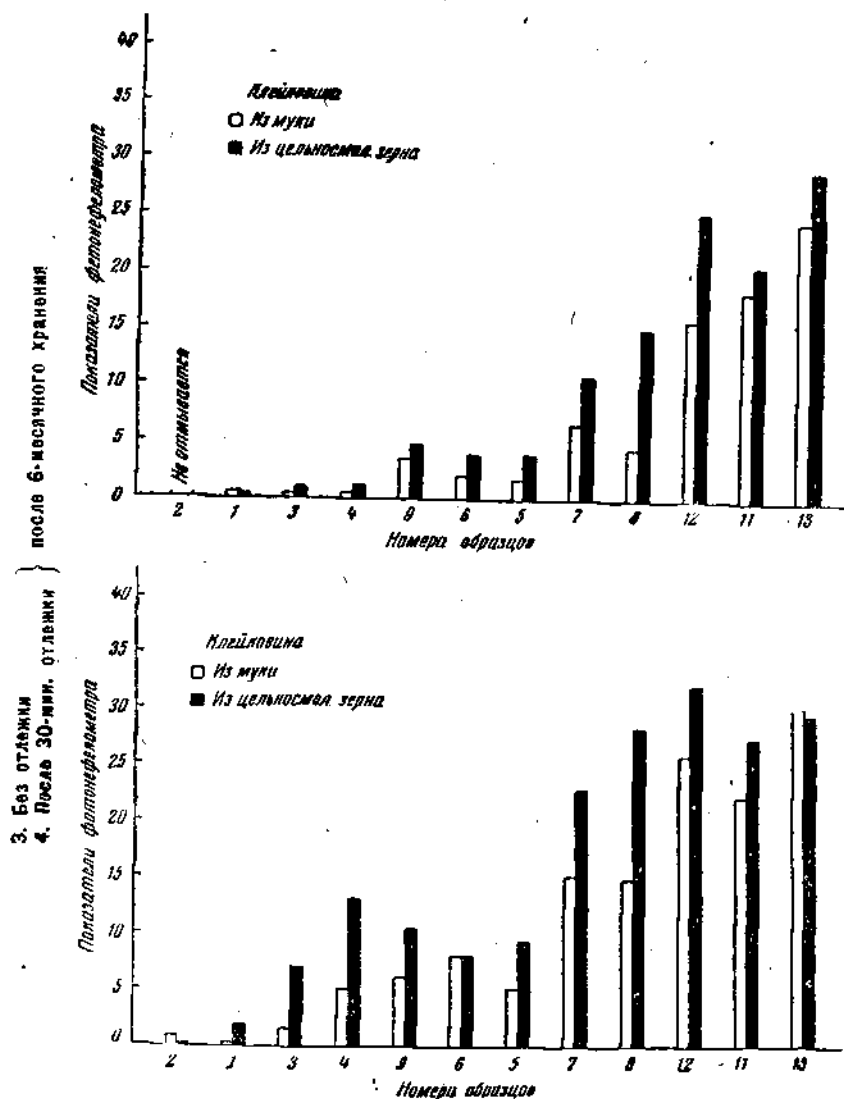


Рис. 2. Сравнительная характеристика качества клейковины из цельно

приводит к быстрому распылению теста и к резкому ухудшению выпеченного хлеба. Было показано также, что при исследовании муки из зерна, пораженного клопом-черепашкой, клейковина давала наибольшую мутность растворов. При подмешивании 1% такой муки к нормальной, обладавшей очень крепкой клейковиной, наблюдалось заметное ухудшение качества; при подмешивании 2.5% после 30-минутной отлежки клейковина полностью растворялась, а при подмешивании 5% то же самое происходило даже с клейковиной, отмытой сразу без отлежки теста.

Невыясненным оставался вопрос, чем обуславливается резкое и быстрое ухудшение качества крепкой клейковины при подмешивании муки из пораженного зерна. Если не требует особых объяснений ухудшение клейковины при получасовой отлежке теста, то такое ухудшение при немедленном отмывании без отлежки может быть объяснено различными причинами. Прежде всего можно предположить, что самые продукты распада белков, постоянно присутствующие в та-



с молотого зерна и из 70% муки немедленно после помола и после 6-месячного хранения (номера образцов — те же, что и в табл. 1, стр. 54)

кой муке, являются препятствием для получения клейковины нормального качества. Для выяснения этого вопроса были проведены опыты по замешиванию муки из пшеницы Гарнет с половинным количеством по весу нейтрализованного гидролизата яичного альбумина, а также 10 и 20% растворами пептона Witte. При этом было обнаружено, что отмытая клейковина по своему качеству оставалась почти неизменной. Таким образом, можно полагать, что и продукты распада белков, присутствующие в муке из пораженного зерна, вряд ли оказывают влияние на ухудшение нормальной клейковины.

С другой стороны, прибавленный в большом количестве фермент может оказывать на клейковину разрушительное действие даже в течение того непродолжительного времени, которое необходимо для замеса теста и отмыкания клейковины. Это показано нами в специальных опытах, в которых препарат папанна, прибавленный при замесе теста в концентрации 0.05% от веса муки, вызывал чрезвычайное

ослабление клейковины среднего качества при отмывании ее немедленно после замеса, что проявлялось в значительном увеличении мутности.

Эти опыты дают основание предполагать, что активный фермент, находящийся в муке из пораженного зерна в достаточной дозе, также способен обладать подобным действием.

Действительно, в дальнейшем нами был испытан препарат протеолитического фермента, выделенного из зерна, пораженного клопом-черепашкой, любезно предоставленный нам Е. В. Бухариной. При добавлении данного препарата в количестве 0.0125% от веса муки наблюдалось ухудшение качества клейковины за время замеса, выразившееся в повышении мутности от 7.6 до 20.3. При увеличении количества фермента до 0.05% показатель мутности достигал максимальной величины — 32.5. Таким образом, резкое ухудшение качества клейковины исходной муки при смешивании с определенным количеством муки из пораженного зерна, наблюдающееся даже при отмывании клейковины немедленно после замеса, происходит за счет действия весьма активных ферментов, находящихся в такой муке. Для исследования изменений качества клейковины пораженного зерна был взят образец с 11% зерен, пораженных клопом-черепашкой. Результаты исследований данного образца сведены в табл. 8.

Таблица 8

Характеристика качества клейковины из зерна, пораженного клопом-черепашкой (в показателях фотонейфелометра)

Размолотое зерно (50% отсев)				Мука 70% выхода						Размолотое зерно (50% отсев) сразу после помола					
сразу после помола		после 6 месяцев отлежки		сразу после помола		после 6 месяцев отлежки		после 18 месяцев отлежки		исходный образец (11% пораженных зерен)		фракции, отобранные из исходного образца			
												неповрежденные зерна		100% поврежденных зерен	
k ¹	30 ¹	k	30	k	30	k	30	k	30	k	30	k	30	k	30
29.0	31.0	19.2	32.0	9.0	27.5	8.3	22.0	2.8	8.3	29.0	31.0	5.0	16.0	Не отмывается	

Клейковина, отмтая без отлежки теста из свежесмолотого зерна, обладала показателем 29.0, т. е. была очень слабой. После 6 месяцев хранения зерна в размолотом состоянии этот показатель снизился до 19.2, что указывало на значительные изменения, происшедшие в белково-протеазном комплексе за этот период времени. Клейковина муки 70% выхода, полученной из того же зерна, имела показатель 9.0. Такое резкое снижение показателя мутности, характеризующее улучшение качества, может быть объяснено удалением при помоле периферийных частей зерна, где, по всей вероятности, были расположены наибольшие очаги поражения, в которых было выражено особенно резко ухудшение качества белков [50]. Весьма возможно, что испытывавшееся зерно подвергалось укусу клопом в такой стадии, когда эндосперм зерна уже достиг значительной степени зрелости и распространение вредоносного действия укуса вследствие этого было в известной мере локализовано. Возможно также, что при повреждении

¹ k — показатель мутности растворов клейковины, отмтой без отлежки теста, а 30 — показатель для клейковины, отмтой после 30-минутной отлежки теста.

зерна в стадии молочной или даже ранней восковой спелости подобное улучшение качества муки при помоле могло бы и не иметь места, так как в этом случае белок во всем эндосперме был бы поврежден. После отлежки муки, как видно из той же таблицы, наблюдалось некоторое улучшение качества клейковины.

Поскольку оценка клейковины взятого для исследования образца дает представление лишь о качестве клейковины, полученной из смеси пораженного и нормального зерна, мы исследовали отдельно две фракции, отобранные вручную из данной партии зерна: фракцию совершенно здоровых и фракцию одних пораженных зерен. Оказалось, что из последней фракции клейковина не отмывалась даже без отлежки теста. Клейковина из фракции непораженного зерна имела следующие показатели: без отлежки — 5.0 и после 30-минутной отлежки — 16.0, что указывало на ее нормальное качество. Эти опыты, проведенные на различных фракциях одного и того же образца, особенно ярко показывают влияние примеси пораженных зерен на здоровое зерно, обладающее клейковиной нормального качества.

Работами Опарина и Онищенко было показано, что при гидротермической обработке зерна, пораженного клопом-черепашкой, происходит значительное улучшение хлебопекарных качеств вследствие, в первую очередь, укрепления его клейковины.

После того как нами была обнаружена способность клейковины из такой муки чрезвычайно быстро диспергироваться в молочной кислоте с образованием растворов максимальной мутности, интересно было проследить влияние термической обработки на качество клейковины.

Для этого были взяты образцы муки 70% выхода из товарного зерна, пораженного клопом-черепашкой, как исходного, так и подвергнутого термической обработке.¹

Результаты определений приведены в табл. 9, из которой видно, что гидротермическая обработка в течение 2 минут при 85° способствовала значительному укреплению белков, но ферментативная активность была понижена еще не в достаточной степени, приводя при отлежке теста к быстрому ухудшению качества клейковины. Более длительное прогревание образца в данном случае могло бы дать еще больший эффект. Значительно сильнее было влияние обработки увлажненного до 24% зерна в течение 10 минут при 120°; полученные в этом опыте результаты указывают не только на происшедшее укрепление белков, но и на значительную инактивацию ферментов.

По данной методике в лаборатории Института биохимии АН СССР* были проведены аналогичные исследования ряда образцов зерна, пораженного клопом-черепашкой, до и после обработки паром в течение различных промежутков времени. Результаты одного из этих опытов, приведенные в той же табл. 9, показывают, какие резкие изменения в белково-протеазном комплексе происходят под влиянием обработки паром.

Как видно из этих данных, способ определения качества клейковины по растворимости в молочной кислоте позволяет чрезвычайно тонко учитывать изменения, происходящие в белках пшеницы при подобного рода обработках. Применение этого способа при выборе соответствующих режимов термической обработки должно быть весьма эффективным, на что также указывает ряд авторов, использовавших для аналогичной цели методику набухания клейковины в молочной кислоте.

* Означенные образцы были получены от Е. Г. Онищенко, за что пользуемся случаем выразить ей благодарность.

* Сотрудниками УНИЛ УГР Н. А. Корневым и Э. Г. Чиненовой.

Таблица 9

Характеристика качества клейковины при термической обработке зерна, пораженного клопом-черепашкой (в показателях фотонейметра)

Условия опыта	Исходное зерно	Прогретое в воде при 85°, 2 мин.	Увлажненное до 24%, при 120°, 10 мин.	Исходное зерно	Обработанное паром (в сек.)			
					45	60	75	90
					1-я серия		2-я серия	
Без отлежки	30.5	4.0	0.0	18.6	8.6	5.04	3.6	2.65
После 30-минутной отлежки	Не отмы- вается	24.3	3.8	32.8	32.2	31.8	9.2	6.6

5. Качество клейковины при смешивании образцов муки с различной «крепостью»

Широко практикующееся в производстве смешивание различных партий муки, или так называемая «валка», имеет целью повышение хлебопекарной способности образцов муки с пониженными свойствами за счет взаимодействия их с лучшими. Примешивание муки с весьма крепкой клейковиной к муке со слабой клейковиной и с низкими хлебопекарными свойствами дает возможность получать нормальный хлеб. В результате коллективной работы, проведенной рядом научных учреждений под общим руководством Института биохимии АН СССР, были выявлены показатели, которыми следует руководствоваться при рациональном составлении «валока» пшеничной муки. Отобранные и проверенные показатели дают возможность составлять необходимые смеси муки без проведения пробных выпечек [1, 51].

Мы предположили, что определение качества клейковины, получающейся в результате смешивания образцов муки с различной «силой» методом диспергирования в молочной кислоте, позволит устанавливать и следить за изменениями клейковины в результате таких «валоков».

В табл. 10 приведены результаты определения качества клейковины, полученной при смешивании 70% муки из сортовых пшениц Заря и Первенец Н-51, а также Лютеценс 0993 и Первенец Н-51.¹ Эти данные показывают, что прибавление муки из Первенца Н-51 в количестве 25% к муке со слабой клейковиной значительно улучшает качество клейковины за счет взаимодействия между мицеллами белков обоих смешиваемых образцов муки. Приведенные данные показывают также, что благоприятное действие добавления муки из Первенца Н-51 в количестве 25% проявляется по-разному, в зависимости от исходного качества муки, к которой она примешивается; так, это действие оказалось в данном случае более эффективным на муке из Зари, чем на муке из Лютеценс 0993.

В той же таблице приведены данные, полученные при смешивании муки из Первенца Н-51, из другого района произрастания и года урожая, и Ворошиловской, причем последний образец обладал клейковиной среднего качества. Примешивание к ней муки из Первенца Н-51

¹ Означенные опыты проводились на образцах муки после 8-месячного хранения.

Таблица 10

Влияние смешивания различных образцов муки на качество клейковины

(в показателях фотонейфелометра)

Наименование образцов	%	Без отлежки	После 30-минутной отлежки	Наименование образцов	%	Без отлежки	После 30-минутной отлежки
Заря	100	7.6	18.7	0993	75	11.0	13.2
Н-51	100	0.0	0.0	Н-51	25		
Заря	90	6.3	12.3	0993	50	0.0	0.0
Н-51	10			Н-51	50		
Заря	75	1.8	5.4	Ворошиловская	100	3.5	15.3
Н-51	25			Н-51	100	0.0	0.0
Заря	50	1.1	0.0	Ворошиловская	90	1.3	11.3
Н-51	50			Н-51	10		
0993	100	23.1	29.2	Ворошиловская	80	0.8	2.3
Н-51	100	0.0	0.0	Н-51	20		
0993	90	16.3	22.5				
Н-51	10						

в количестве 20% способствовало значительному укреплению клейковины.

Таким образом, учет изменений в клейковине, происходящих при смешивании различных образцов и оцениваемых по фотонейфелометру, может также служить одним из показателей при составлении рациональных валок муки. Следует упомянуть, что партии зерна и муки, обладающие высококачественной клейковиной с повышенными числами набухания по методике Берлинера и Коопмана и при ее содержании не ниже 20%, рассматриваются в ряде стран как улучшители, причем на основании общей балловой оценки устанавливаются соответствующие расценки.

Использование целого ряда советских пшениц, обладающих как высоким процентным содержанием, так и высоким качеством клейковины, в качестве пшениц-улучшителей должно быть также основано на объективном и точном учете этих факторов. Применение метода диспергирования клейковины в молочнокислом растворе, по нашему мнению, может сослужить в этом деле большую службу.

Зародышевая мука, обладающая большим количеством восстановленного глутатиона, наряду с активными протеолитическими ферментами, производит, как известно, значительное ослабление клейковины нормальной муки. С целью выяснения природы этих изменений был проведен ряд опытов. К муке, обладавшей крепкой клейковиной, примешивали зародышевую муку в различных количествах (от 1 до 20%). Было найдено, что исходное качество клейковины при этом совершенно не изменялось даже при внесении наибольших доз зародышевой муки (20%); в то же время после 30-минутного аутолиза клейковина неизменно ослаблялась соответственно увеличению количества прибавляемой зародышевой муки. Внесение ее в количестве 1% уже значительно повышало показатели фотонейфелометра, давая при дальнейшем примешивании все более и более высокую мутность растворов (табл. 11).

¹ В Институте биохимии АН СССР сотрудником ВНИИХ А. А. Завьяловым.

Таблица 11

Влияние зародышевой муки на качество клейковины
(в показателях фотонейметра)

Условия опыта	Без зародыша	С прибавлением зародыша (в %)					
		1	2	3	5	10	20
Без отлежки	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	0.0
После 30-мин. отлежки . .	4.6	10.5	17.5	20.6	23.4	28.4	32.0

II. Ферментативная атакуемость белков пшеничной муки

В предыдущем разделе было показано, насколько различно бывает качество белков клейковины из сортовых пшениц и полученной из них муки, а также, какие изменения происходят в качестве этих белков при различных воздействиях.

Мы уже указывали, что белки слабой клейковины легче подвергаются ферментативному воздействию, чем белки более крепкой, т. е. что первые обладают более высокой атакуемостью, нежели последние. В образцах муки, обладающих клейковиной одного и того же качества, протеолиз при замесе теста будет протекать интенсивнее в той муке, которая обладает более активными протеолитическими ферментами, и, обратно, при одной и той же активности протеиназ расщепление белка будет выше в том образце, где выше его атакуемость, т. е. способность расщепляться при действии ферментов. Таким образом, с качеством белков клейковины тесно связано и их поведение при процессах аутолиза.

Располагая целым рядом образцов муки с клейковиной резко различного качества, мы приступили к исследованию атакуемости их белков, причем пользовались методикой, разработанной нами ранее и применявшейся в предыдущих работах. Принцип этого способа заключается в воздействии препарата папаина на белки непосредственно в самой муке или же на тонко измельченную клейковину, отмытую без отлежки теста и немедленно высушенную в вакуум-экссикаторе с дальнейшим учетом продуктов протеолиза, не осаждающихся 2% трихлоруксусной кислотой.

В виду того, что оптимум действия фермента несколько меняется в зависимости от природы и состояния субстрата, предстояло уточнить оптимальные условия pH для папаина при добавлении его в суспензию муки или измельченной клейковины.

Для получения мучных суспензий с определенным pH применяли буферную смесь Мак-Ильвена; папаин применяли в концентрации 0.01% (0.05% от веса муки). Опыты проводили в течение 4 часов при 40°. Из данных, приведенных на рис. 3, следует, что оптимум действия папаина в мучной суспензии лежит при pH около 5.

Аналогичные опыты были проведены на суспензии клейковины. Папаин применяли в той же концентрации (0.01%), что и в предыдущем опыте с мукой. Учет протеолиза осуществлялся как по простоте веществ, не осаждающихся 2% трихлоруксусной кислотой, так и по накоплению в том же фильтрате свободного тирозина. Определение последнего производили по интенсивности голубого окрашивания с реактивом Folin-Ciocalteu при помощи штупенфотометра Цейсса. По полученным данным, приведенным на рис. 4, оптимум действия папаина на клейковину как в том, так и в другом случае находится

около $pH=6$. Чрезвычайно резкое накопление продуктов гидролиза при $pH=3$ было следствием перехода клейковины в диспергированное состояние, легко обнаруживаемое простым глазом вследствие большей кислотности среды, что, повидимому, создавало более благоприятные условия для воздействия фермента при данном pH . Означенный факт указывает на то, что при установлении активности фермента, в зависимости от pH среды на различных субстратах, необходимо учитывать возможность изменения при этих условиях состояния самого субстрата, что может сильно отражаться на ходе и интенсивности протеолиза.

Приведенные данные показывают, что при определении атакуемости по клейковине учет протеолиза с одинаковым успехом можно проводить как по приросту веществ, не осаждаемых 2% трихлоруксусной кислотой, так и по увеличению свободного тирозина в тех же фильтратах.

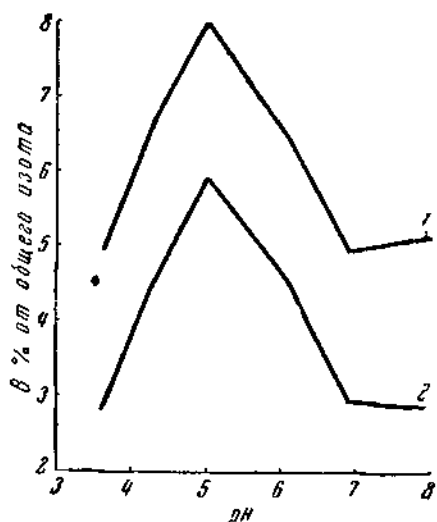


Рис. 3. Влияние pH на активность папаина (субстрат — белковые вещества мучной суспензии)
1 — опыт с папаином; 2 — опыт с папаином, но за вычетом контроля

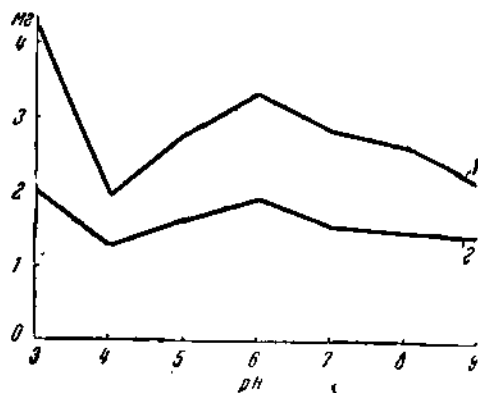


Рис. 4. Влияние pH на активность папаина (субстрат — клейковина)
1 — небелковый азот (в мг); 2 — тирозин (мг на 100 мл)

1. Ферментативная атакуемость белков муки и клейковины из различных пшениц

Непосредственно после помола, а также после 5 месяцев отлежки из тех же 13 образцов муки 70% выхода отмыли и подготовили сухую клейковину. Определения производили с добавлением буферной смеси Мак-Ильвена, так как было обнаружено значительное влияние ацетатной смеси на повышение растворимости белков пшеничной муки. Различная способность к растворению в уксусной кислоте, накладываясь на различия в атакуемости, может иметь следствием некоторое сглаживание в результатах ее определения при наличии белков различного качества. Особенно сильно проявлялось растворяющее действие ацетатной смеси при испытании клейковины, отмытой немедленно после помола. Подобная клейковина, как показали опыты, растворялась весьма интенсивно уже при 2-часовом настаивании.

В табл. 12 приведены данные по атакуемости клейковины, отмытой сразу после помола из муки 70% выхода.

Интересно отметить, что, несмотря на значительно повышенные цифры при применении ацетатной смеси, отличия между атакуемостью различной клейковины выявлялись с полной определенностью: образцы из Гарнет, Первенца Н-51, Украинки, Лютесценс 062 (Одесса) обладали наименьшей, а из Зари, Украинки, пораженной на 11%, Лютес-

Таблица 12

Ферментативная атакуемость клейковины
(прирост в % от общего азота клейковины)

Наименование образцов	Ацетатная смесь, сразу после помола	Цитратная смесь	
		сразу после помола	после 6 мес. хранения
Гарнет	22.66	8.22	2.83
Первенец Н-51	26.48	8.57	3.66
Украинка	21.09	11.97	4.73
Лютесценс 062 (Одесса)	24.01	11.02	3.57
Лютесценс 01163	29.56	—	4.56
Московская 2411 (Немчиновка)	27.68	—	5.24
Московская 2411 (Смоленск)	29.19	—	6.40
Лютесценс 062 (Благовещенск)	29.98	—	4.57
Эритроспермум 01160	36.18	—	7.87
Украинка, поражд. на 11%	37.35	17.04	5.37
Заря	32.05	13.42	8.22
Лютесценс 0993	34.02	13.08	9.69
Дюрабль	37.29	15.82	6.67

ценс 0993 и Дюрабль — наибольшей атакуемостью; другие образцы занимали промежуточное положение.

Результаты определения атакуемости на тех же препаратах клейковины, но с применением смеси Мак-Ильвена показали, что клейковина из свежесмолотой муки обладала значительно большей атакуемостью, чем из муки после 5 месяцев хранения. Это указывает вполне определенно на значительные изменения белков пшеничной муки в процессе ее хранения, причем свойства белков изменяются таким образом, что становятся более стойкими по отношению к воздействию ферментов. Различия атакуемости между клейковиной исследованных образцов сохраняются также достаточно отчетливо и после длительной отлежки муки.

Аналогичные опыты проводились и на клейковине, отмытой из цельносмолотого зерна как до, так и после его хранения. Полученные при этом данные находились в близком соответствии с вышеприведенными.

В нашей предыдущей работе [2] было указано на наличие соответствия между атакуемостью белков, определенной как на отмытой и высушенной в вакууме клейковине, так и при непосредственном прибавлении папанна к мучной суспензии.

Таблица 13

Ферментативная атакуемость
белков муки
(прирост в % от общего азота муки)

Гарнет	Первенец Н-51	Украинка	Лютесценс 0993	Заря	Украинка, поражд. на 11%
3.95	4.43	7.13	8.43	10.32	13.55

В виду большей сложности последнего способа большинство наших опытов было проведено на клейковине, однако ряд образцов был испытан также и по муке. Результаты этих опытов, проведенных после 5-месячного хранения муки, приведены в табл. 13.

И в данном случае образцы из Гарнет и Первенца Н-51 обладали

наименьшей, а из Лютесценс 0993, Украинки, пораженной на 11%, и Зари — наибольшей, в то время как из Украинки — средней атакуемостью белков.

Обобщая полученные результаты, можно прийти к выводу, что белки различных образцов пшеничной муки и зерна значительно отличаются между собой по своему качеству, причем последнее легко может быть учтено объективным путем. Между качеством белков клейковины и их ферментативной атакуемостью имеется определенная зависимость: чем слабее клейковина, тем более она доступна влиянию ферментов, и, наоборот, чем она крепче, тем больше она способна противостоять такому воздействию. Так как белки слабой клейковины обладают сравнительно большей атакуемостью, независимо от того, определяется ли она на клейковине или непосредственно на муке, то это указывает с несомненностью, что отмытая и высушенная указанным способом клейковина близко соответствует по своему качеству нативным, неизменным белкам. Одновременно это свидетельствует также и о том, что свойства белков, которыми обуславливается их различная атакуемость, остаются неискаженными при принятом нами способе изготовления клейковины.

Все приведенные опыты, сделанные в разные сроки, могли несколько отличаться между собой в деталях, и поэтому необходимо было провести одновременно ряд опытов с клейковиной, отмытой как из муки, так и из цельносмолотого зерна сразу после помола и после длительного хранения в размолотом состоянии. Для этого были взяты два образца зерна и полученная из них мука 70% выхода. Образцы эти различались по качеству своей клейковины: № 1 имел очень крепкую клейковину, № 2 — очень слабую. Результаты этих испытаний, приведенные в табл. 14, полностью подтверждают все изложенные опыты.

Таблица 14

Ферментативная атакуемость клейковины в зависимости от условий ее получения
(прирост в % от общего азота клейковины)

Условия опыта Образцы муки	Из муки		Из цельносмолотого зерна	
	вскоре после помо- ла	после 5 ме- сяцев хра- нения	вскоре после помо- ла	после 5 ме- сяцев хра- нения
№ 1	16.04	5.24	11.27	8.23
№ 2	24.84	12.38	16.13	10.62

2. Атакуемость белков под влиянием ферментативных препаратов, определяемая фотонейфелометрическим способом

Как видно из вышеизложенного, прибавление препарата папаина, взятого в определенной концентрации, к мучной суспензии или клейковине дает возможность судить о различной атакуемости ее белков. Мы и ранее [45] отмечали, что при добавлении папаина к замешиваемому тесту отмытая из него клейковина значительно ухудшалась в зависимости от времени отлежки. Там же было показано, что одинаковые дозы папаина способны вызывать различные изменения в зависимости от качества взятой клейковины. В данной работе было проведено исследование ряда образцов муки с целью выявления действия папаина на клейковину, причем учет изменений качества клейковины производился

фотонейфелометром. Для этого к 5 г муки прибавляли раствор папаина в 2% NaCl (0.025% от веса муки) и отмывали немедленно после замеса и после 30-минутной отлежки теста при 30°. Контролем служили такие же опыты, но без прибавления папаина. Следует сказать, что в опытах с папаином нельзя было ожидать значительных изменений в показателях мутности слабой клейковины по сравнению с контролем без папаина, так как они и при этом были, сравнительно с показателями для других образцов, весьма велики. Вследствие этого об эффективности действия папаина удобнее и правильнее судить по абсолютной величине показателей мутности.

Из данных табл. 15 можно видеть, что ряд образцов дает после 30-минутного аутолиза с 0.025% папаина наивысшие показатели (25 и выше); к следующей группе относятся образцы с показателями, примерно, от 15 до 25 и к последней группе — с показателями до 15.

Таблица 15

Атакуемость клейковины папаином (в % от веса муки),
вносимым при замесе теста
(в показателях фотонейфелометра)

Наименование образцов	Без отлежки				С 30-минутной отлежкой	
	контроль (без па- паина)	% папаина			контроль (без па- паина)	% па- паина
		0.025	0.05	0.10		0.025
Гарнет	0.3	0.0	2.5	8.0	0.4	0.0
Первенец Н-51	не отмыв.	1.0	4.3	8.4	1.0	2.1
Лютеценс 01163	0.0	1.6	—	18.9	1.5	10.8
Украинка	0.0	1.1	6.0	—	5.0	13.6
Лютеценс 062 (Одесса)	1.8	2.2	5.0	—	5.0	17.0
Лютеценс 062 (Благове- щенск)	2.0	1.2	—	12.9	8.0	9.7
Московская 2411 (Немчи- новка)	3.6	5.3	—	—	6.0	23.9
Московская 2411 (Смоленск)	6.7	5.7	19.3	32.0	15.0	21.1
Эритроспермум 01160	4.6	11.8	—	—	14.7	32.3
Украинка, пораж. на 11%	8.3	13.3	20.3	33.6	22.0	34.8
Заря	16.0	22.0	33.0	—	25.0	34.0
Дюрабль	18.6	19.7	29.0	—	22.0	37.4
Лютеценс 0993	24.7	27.8	—	—	30.0	34.0

Таким образом, и после воздействия папаина качество белков у ряда образцов остается резко различным. В то время как при одинаковой дозе папаина одна клейковина ухудшается настолько, что при встряхивании полностью переходит в раствор, другая клейковина хотя и ухудшается, но в значительно меньшей степени; клейковина же очень крепкая почти не меняется, а если несколько и ослабевает, то в пределах, которые лишь могут способствовать улучшению ее пластических свойств.

При рассмотрении данных, полученных без отлежки теста, можно обнаружить, что действие папаина (0.025%) на белки проявлялось даже за тот короткий промежуток времени, который требовался для замешивания теста. При этом, чем слабее клейковина, тем больше были абсолютные увеличения в показателях фотонейфелометра.

Так как наблюдавшееся ослабление клейковины при ее отмывании без отлежки теста было сравнительно невелико при данной дозировке,

то в дальнейших опытах брали двойную концентрацию папаина (0.05% от веса муки), причем опытов с получасовой отлежкой уже не производили. В этом случае действие папаина проявлялось более сильно, хотя различия между образцами все еще сохранялись. При увеличении концентрации папаина до 0.1% образцы с клейковиной среднего и даже выше среднего качества полностью диспергировались, и лишь очень крепкая клейковина продолжала давать сравнительно невысокие показатели.

Таким образом, применение различных дозировок папаина еще раз показало различия в ферментативной атакуемости клейковины при использовании и данной методики. Кроме того, новым и несколько неожиданным фактом было отмеченное выше резкое влияние повышенных дозировок папаина на клейковину, наблюдавшееся даже при весьма кратковременном сроке его воздействия при замесе теста.

Разработанная методика определения атакуемости белков предусматривает применение препарата папаина. Использование данного фермента имеет ряд преимуществ: таковы, например, его высокая активность и устойчивость при хранении в сухом состоянии на холоду. Хотя папаин представляет собой фермент, полученный из плодов дынного дерева (*Carica papaya*), тем не менее с ферментами пшеницы и пшеничной муки он имеет ряд очень близких свойств, чем и обуславливается то, что протеиназы муки, как в настоящее время признается большинством исследователей, относятся к типу папаиназ. Белки пшеницы расщепляются папаином, как это показано в вышеприведенных опытах, весьма интенсивно, что дает основание для применения его при определении атакуемости.

Тем не менее следует признать целесообразным использование в дальнейшем и других протеолитических ферментов, как, например, очищенной протеиназы, выделенной из самой пшеницы или из ее зародыша.

Одним из предварительных опытов в этом направлении был следующий. Вместо папаина муку замешивали на растворе (в 2% NaCl) вышеуказанного ферментативного препарата, выделенного из зерна, пораженного клопом-черепашкой. Клейковину отмывали немедленно после замеса и через 30 минут отлежки теста. Для испытания были взяты три образца с клейковиной различного качества: Первенец Н-51, Московская 2411 и Заря. Из результатов опытов, приведенных в табл. 16, видно, что различия в атакуемости белков также вполне отчетливо выявлялись и при действии данного препарата, выделенного из пораженного зерна. С целью нахождения концентрации, при которой эти различия можно было бы обнаружить наиболее резко, ферментативный препарат применяли в нескольких концентрациях, а именно: 0.0125, 0.025, 0.05 и 0.1% от веса муки. Оказалось, что уже при концентрации в 0.0125% различия в атакуемости были выражены весьма отчетливо: крепкая клейковина из муки Н-51 совершенно не изменялась, даже и после отлежки теста; средняя клейковина из образца Московская 2411 претерпела значительное изменение и дала повышенные показатели как при отмывании без отлежки теста, так и после 30-минутного аутолиза; слабая клейковина из Зари изменялась чрезвычайно сильно, давая уже без отлежки показатель 20.3 вместо 7.6 в контроле. Та же зависимость проявлялась и при концентрации препарата в 0.025%; но при повышении содержания препарата до 0.05% клейковина Зари и Московской 2411 достигала максимального показателя уже в опыте без отлежки, вследствие чего различия затухивались и еще более стирались при концентрации препарата в 0.1%. Тем не менее клейковина образца Первенец Н-51 даже и при этой максимальной дозировке изменялась сравнительно немного.

Таким образом, данный опыт показал, что определение атакуемости при помощи ферментативного препарата, выделенного из зерна, пораженного клопом-черепашкой, так же дает возможность с успехом учитывать различия в качестве белков, как и при применении папаина.

Таблица 16

Атакуемость клейковины ферментативным препаратом (в % от веса муки) из зерна, пораженного клопом-черепашкой, внесенным при замесе теста

(в показателях фотонейметра)

Условия опытов	Препарат в % от веса муки	Первенец Н-51					Московская 2411					Заря				
		контроль (без препарата)	0.0125	0.025	0.05	0.10	контроль (без препарата)	0.0125	0.025	0.05	0.10	контроль (без препарата)	0.0125	0.025	0.05	0.10
Без отлежки . .	Не отмывался	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	5.2	6.2	21.3	24.0	7.6	20.3	25.5	32.5	32.0	
С 30-минутной отлежкой . .		0.0	0.0	0.4	6.0	12.8	5.6	13.6	21.0	28.5	24.5	18.7	32.8	28.3	30.6	29.0

3. Влияние процессов, ведущих к изменению качества клейковины (созревание, прорастание и т. д.), на атакуемость белков. Влияние обезжиривания на клейковину

Поскольку качество клейковины, как это показано в предыдущих разделах, находится в определенной связи с ее ферментативной атакуемостью, можно было предполагать, что в результате влияния на клейковину процессов, ведущих к ее ослаблению или укреплению, будет изменяться также в ту или другую сторону и ее атакуемость. К числу таких процессов следует отнести созревание и прорастание зерна, изучение которых служило предметом многочисленных исследований [52], вызванных как стремлением к установлению общих закономерностей в химической динамике веществ, так и непосредственными требованиями практики. Однако изменениям белково-протеазного комплекса было посвящено лишь весьма ограниченное количество работ.

Нами была сделана попытка применить для этой цели вновь разработанные вышеуказанные методы. Были взяты семена сортовой пшеницы Лютеценс 062 в различные сроки созревания, начиная от молочной и кончая полной спелостью. Зерно высушивали феном при 30—35° до воздушно-сухого состояния, размалывали на лабораторной (кофейной) мельнице и в нем определяли: качество клейковины по ее растворимости в молочной кислоте, атакуемость белков, протеолиз мучной суспензии и относительную активность протеолитических ферментов на эдестине. Из результатов этих определений, приведенных в табл. 17,¹ можно видеть, что качество клейковины при созревании зерна резко изменяется в сторону укрепления; в образце молочной спелости клейковина вообще не отмывалась, что указывало на еще не достаточное

¹ Характеристика белково-протеазного комплекса созревающего зерна приведена по данным Е. В. Бухариной.

сформирование белков, образующих клейковину. Вполне совпадает с этим фактом и то, что атакуемость белков под действием папаина в этом образце значительно понижена; повидимому, в этой стадии белки не были еще достаточно соответствующим субстратом для папаина. В дальнейших стадиях происходило постепенное снижение атакуемости, в свою очередь указывающее на изменения, происходившие в белках.

Активность протеиназ особенно резко снизилась к 25/VII, продолжая понижаться и далее.

Отсюда совершенно понятным становится ослабление протеолиза в мучной суспензии по стадиям созревания (от молочной до полной спелости), происшедшее в результате изменений как белковых веществ, так и активности протеиназ.

Влияние прорастания зерна на хлебопекарные качества полученной из него муки также подвергалось изучению целого ряда исследователей. Если в отношении углеводного комплекса накоплено много ценных данных, то в отношении изменений при прорастании белково-протеазного комплекса, и в частности клейковины, работ значительно меньше. Нами [53] еще ранее было отмечено некоторое уменьшение выхода клейковины на ряду с ухудшением ее качества, так же как и значительное повышение активности протеолитических ферментов. Сравнительно недавно Козьмина и Романова [54] изучали изменение количества и качества клейковины при прорастании пшеницы. Их исследования подтвердили полученные нами данные по изменению выхода клейковины. Далее они указывают, что по мере прорастания зерна клейковина становится коротко рвущейся и крошащейся, что они объясняют влиянием накапливающихся при прорастании ненасыщенных жирных кислот. После удаления этих кислот, при обезжиривании, клейковина становится упругой и эластичной, но «при дальнейшем стоянии ослабевает и разжижается». Подобное деградирование клейковины указывает, по мнению авторов, на сильную активацию протеолитических ферментов, хотя опытных данных в этом отношении ими не приведено. Кроме того, к сожалению, Козьмина и Романова определяли изменения качества клейковины, наблюдавшиеся при прорастании как на обычном материале, так и после его обезжиривания, только органолептическим путем.

В настоящей работе для изучения изменений белково-протеазного комплекса при прорастании зерна применяли те же методы, что и при созревании, причем брали пшеницу спустя три месяца после ее уборки. Зерно замачивали в течение 24 часов при непрерывном продувании воздуха [55], затем промывали водопроводной водой; часть его немедленно высушивали феном при 30°, остальное же зерно помещали для проращивания в темное прохладное помещение. Следующие пробы брали на 1, 2, 3 и 4-й дни после замачивания и высушивали тем же путем. Высушенное зерно размалывали до прохождения через сито с диаметром отверстий в 0.25 см и затем подвергали исследованию результаты которого, приведенные также в табл. 17, показывают, что качество клейковины при прорастании резко изменяется в сторону ослабления; показатели мутности при этом постепенно повышались, достигая максимальной величины к четвертому дню прорастания. В той же таблице приведены данные по изменению атакуемости белков, которая так же резко возрастала по мере прорастания, что, без сомнения, связано с указанным ослаблением белков. Последнее обстоятельство, по нашим данным, обуславливается постепенным повышением активности протеиназ, что и показано прямым путем с помощью метода определения относительной активности вытяжек на эдестине.

Наблюдающееся постепенное увеличение интенсивности протеолиза мучной суспензии является суммарным эффектом действия вышеуказанных факторов, а именно изменением качества белков и активности протеиназ, совершенно аналогично тому, как было уже показано в опытах с созревающим зерном.

Некоторое снижение атакующести белков в 4-дневном образце, по-видимому, происходило по причинам, уже указанным выше для зерна молочной спелости, где наблюдалась также их пониженная атакующесть.

Таблица 17

Изменения протеазно-белкового комплекса при созревании и прорастании зерна пшеницы

Показатели	Фазы созревания и прорастания зерна	Созревание				Прорастание					
		молочная спелость 17/VII	поздняя молочная (переход к восковой) 25/VII	восковая спелость 1/VIII	полная спелость 16/VIII	исходное зерно	замоченное зерно	дни прорастания			
								1-й	2-й	3-й	4-й
Качество клейковины (в показателях фотонейлометра)	Неотмывается	25.9	20.6	2.06	4.5	10.5	14.6	20.0	23.0	30.3	
Атакующесть белков муки (прирост в % от белкового азота)	9.52	30.87	26.69	21.94	16.45	21.03	23.32	29.38	35.06	26.15	
Протеолиз мучной суспензии (прирост за 4 часа в % от белкового азота)	9.61	5.59	5.42	1.81	2.87	4.99	5.56	7.85	10.92	25.54	
Относительная активность протеиназы на эдестине (в % от общего азота эдестина)	27.47	10.68	7.78	6.85	9.58	9.65	12.31	14.55	26.64	38.46	

Поскольку в литературе отсутствуют данные по объективной оценке клейковины в связи с обезжириванием муки, а также учитывая указания Боллса и Хейла и Селливен в их последних работах на возможность нового объяснения явлений, связанных с обезжириванием, мы сочли целесообразным применить при изучении этого вопроса разработанную нами методику. Для этого обезжирили петролевым эфиром, при его кратковременном воздействии, исходный образец зерна и образец 3-дневного солода, после чего их подвергли исследованию на качество клейковины по методу диспергирования. Результаты оказались весьма неожиданными и любопытными.

Как видно из табл. 18, обезжиривание привело в обоих случаях к резкому снижению показателей мутности после 30-минутной отлежки теста. Кроме того, снижение показателя для клейковины, отмытой без отлежки теста из образца 3-дневного солода, с 23.0 до 16.2 ясно свидетельствует о том, что подобная обработка не безразлична для качества белка, а, наоборот, в значительной степени его изменяет. Интересно было проверить указанные факты на ряде образцов сортового зерна, имевшегося в нашем распоряжении. Для этого цельносмолотое зерно, после отсеивания до 50%, подвергли обезжириванию в тех же условиях, какие были указаны выше, после чего определяли качество его клейковины. Такие же определения проводили одновременно в

Таблица 18

Влияние обезжиривания на качество клейковины
(в показателях фотонейлометра)

Условия опытов \ Наименование образцов	Лютеценс 062		Озимая 34-169	Московская 2411	Мильтурум	Диамант	Эритроспермум	Дюраль	Лютеценс 0993
	исходный	3-днев. про- растание							
Без обезжиривания									
Без отлежки	4.5	23.0	3.4	5.0	5.5	18.6	30.7	33.5	34.2
После 30-минутной отлежки	30.2	33.6	26.25	15.3	27.4	27.0	33.1	33.9	35.2
После обезжиривания									
Без отлежки	6.5	16.2	1.5	2.2	0.0	19.8	21.2	15.2	17.0
После 30-минутной отлежки	8.5	16.2	5.3	3.5	10.3	16.3	21.2	15.2	17.0

том же зерне и до его обезжиривания. Результаты этих опытов приведены также в табл. 18. Явления, наблюдавшиеся на образцах из проросшего зерна, полностью подтвердились и в последней серии опытов, указывая на наличие известной зависимости между качеством белков и обезжириванием муки.

После того как были получены вышеприведенные данные по влиянию созревания и прорастания зерна на его белково-протеазный комплекс, приступили к выявлению действия на атакуемость белков и некоторых других процессов, могущих изменять качество клейковины.

Действие протеолитических ферментов, находящихся в тесте при его продолжительной отлежке или добавленных в тесто при замесе, приводит к ослаблению отмываемой из него клейковины. Предстояло выяснить, насколько изменяется при этом ее атакуемость. В первой серии опытов замешенное тесто оставляли в термостате при 30° на 4 и 6 часов, во второй серии при замесе теста добавляли папаин в количестве 0.05% от веса муки или цистеин в том же количестве, после чего тесто оставляли также на разные сроки. Затем клейковину отмывали и высушивали и далее поступали с ней обычным образом.

Результаты опытов, приведенные в табл. 19 и 20, показывают, что, действительно, при ослаблении клейковины под влиянием указанных факторов ее атакуемость повышалась.

Таблица 19

Влияние отлежки теста на ферментативную атакуемость клейковины

Образцы муки	Условия опыта	Атакуемость (в % от общего азота клейковины)	Прирост (в % от контроля)
№ 1	Контроль (без отлежки теста)	9.60	—
	Опыт — 4 часа отлежки при 30°	11.89	23.8
№ 2	Контроль (без отлежки теста)	8.49	—
	Опыт — 6 часов отлежки при 30°	10.71	26.15

С другой стороны, мы исследовали влияние процессов, приводящих к укреплению клейковины, на ее атакуемость.

В первом разделе настоящей работы уже были приведены данные, характеризующие изменения качества белков при термической обработке зерна.

Атакуемость белков тех же образцов, определенная как на муке, так и на клейковине, значительно понижалась (табл. 21). В последнем случае учет продуктов гидролиза производился по небелковому азоту после осаждения трихлоруксусной кислотой и по тирозину.

Таблица 20

Влияние папаина и цистеина при добавлении их в тесто на атакуемость сухой клейковины

Образцы муки	Условия опыта	Атакуемость (в % от общего азота)	Прирост (в % от контроля)
№ 3	Контроль (без папаина) . . .	8.47	—
	Действие папаина в течение 30 мин.	9.65	13.93
	То же, 60 мин.	11.49	35.66
	Действие цистеина в течение 60 мин.	9.77	15.35
	Контроль (без папаина) . . .	10.65	—
№ 4	Действие папаина в течение 2 час.	15.56	46.1
	То же, 3 час.	16.12	51.4

Таблица 21

Влияние термической обработки зерна, пораженного клопом-черепашкой, на ферментативную атакуемость клейковины

Образцы	Исходное зерно	Прогретое в воде при 85°, 2 мин.	Увлажненное до 24%, при 120°, 10 мин.
Ферментативная атакуем. клейков.			
По небелковому азоту (в % от общего азота клейковины)	22.27	20.35	11.68
По свободному тирозину (в % от белковых веществ клейковины)	1.19	0.94	0.61

Наконец, были проведены исследования влияния перекиси водорода на атакуемость клейковины. Для этого при замесе теста прибавляли 1% перекиси водорода в количестве 2 и 5 мл³ на 10 г муки, и тесто оставляли на 4 часа при 30°. Атакуемость клейковины, полученной после отмывания из этого теста, была значительно понижена по сравнению с контролем (табл. 22).¹

¹ Следует отметить, что при добавлении к тесту H₂O₂ в 1М концентрации происходило значительное ухудшение качества клейковины на ряду с повышением ее атакуемости. То же происходило и при непосредственном действии H₂O₂ на сырую клейковину. Повидимому, при таком энергичном воздействии происходят глубокие изменения в структуре белков и, возможно, их денатурация.

Таким образом, вышеприведенные опыты подтвердили полностью выказанные нами предположения о связи между изменением качества белков и их ферментативной атакуемостью.

Задачей дальнейшей нашей работы является исследование тех причин, которые могут обуславливать различия в качестве белков сортовых пшениц и муки в отношении атакуемости.

Если действие таких факторов, как прогревание зерна и муки, укрепляющих клейковину, может быть объяснено изменением белков под влиянием повышенной температуры и если можно предполагать, что под влиянием протеиназ повышается атакуемость вследствие происходящего в большей или меньшей степени гидролиза нативных белков, то укрепляющее действие на клейковину таких окислительных агентов, как, например, перекись водорода, должно быть объяснено совершенно иначе. Пока можно лишь высказать предположение, что в данном случае в молекулах белков происходят реакции окисления тех групп, которые в особенности необходимы для осуществления интенсивного протеолиза, причем от степени окисления может зависеть большая или меньшая ферментативная атакуемость белков. Насколько такие предположения оправдаются, покажут лишь дальнейшие экспериментальные исследования.

Таблица 22

Влияние перекиси водорода, при добавлении ее в тесто, на ферментативную атакуемость клейковины

Условия опыта	Атакуемость (в % от общего азота)	Уменьшение по отношению к контролю (в %)
Контроль (без H_2O_2)	11.89	—
С добавл. H_2O_2 (2 мл)	6.48	45.5
» H_2O_2 (5 мл)	3.64	69.4

Авторы настоящей статьи приносят искреннюю благодарность проф. А. И. Опарину за постоянное внимание и консультацию при проведении данной работы, всем лицам и учреждениям, предоставившим в наше распоряжение необходимые для исследования образцы зерна, и лаборанту А. С. Юсуф, принимавшей большое участие в выполнении ряда анализов.

ВЫВОДЫ

В процессах протеолиза муки из нормального, неповрежденного зерна качество белкового субстрата имеет преобладающее значение.

Метод диспергирования клейковины в слабой молочной кислоте дает возможность учитывать качество клейковины в малых навесках материала, с небольшой затратой времени и с достаточной объективностью.

При помощи указанного метода дана характеристика качества клейковины из 13 образцов сортовых пшениц как непосредственно из зерна, так и из муки 70% выхода, причем показано, что между качеством клейковины зерна и муки имеется вполне определенная связь.

Качество клейковины, определяемое после хранения смолотого зерна и муки, хотя и изменяется в сторону укрепления, но в основном соответствует качеству, определяемому в тех же образцах непосредственно после помола. Это позволяет давать качественную характеристику клейковины и без длительной отлежки муки после помола.

Резкое и весьма быстрое ухудшение качества клейковины нормальной муки при смешивании ее с мукой из зерна, пораженного клопом-

черепашкой, наблюдаемое при отмывании клейковины без отлежки теста, происходит вследствие действия активных ферментов, присутствующих в муке из пораженного зерна и легко переходящих в водную среду в процессе замешивания теста.

При подмешивании к нормальной муке со слабой клейковиной образца, обладающего более крепкой клейковиной, происходит заметное улучшение качества белкового комплекса слабой муки. Установление необходимых соотношений смешиваемых образцов муки, обладающих различной крепостью, можно с успехом производить по методу диспергирования клейковины в молочной кислоте.

Ферментативная атакуемость белков пшеничной муки находится в тесной связи с их качеством: образцы, обладающие слабой клейковиной, имеют большую атакуемость, нежели образцы с крепкой клейковиной.

Ферментативная атакуемость белков при хранении свежесмолотой муки и зерна понижается, что сопровождается одновременным укреплением клейковины.

Атакуемость белков пшеничной муки можно учитывать с помощью фотонесометра по тем изменениям, которые наблюдаются в клейковине после ее отмывания из теста, замешенного с добавлением протеолитических ферментов, например папаина или препарата, выделенного из зерна, пораженного клопом-черепашкой. При созревании зерна наблюдаются изменения качества клейковины в сторону ее укрепления, происходящие за счет значительного понижения протеолитической активности. Этому укреплению белков соответствует уменьшение их атакуемости. При проращении зерна наблюдается в общем обратная картина.

Обезжиривание смолотого зерна изменяет качество клейковины, понижая ее способность к растворению в молочной кислоте.

В результате процессов, ведущих к ослаблению или укреплению клейковины, изменяется также соответственно и ее атакуемость. Так, при добавлении к муке при замесе папаина или цистеина качество отмываемой из теста через определенные промежутки времени клейковины изменяется в сторону ее ослабления, в результате чего происходит повышение ее атакуемости. Наоборот, при термической обработке зерна и муки происходит уменьшение атакуемости белков и инактивация протеолитических ферментов; при умеренном окислении белков клейковины перекисью водорода также происходит укрепление клейковины и понижение ее атакуемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Опарин А. И. Изв. АН СССР, сер. биол., 43, 1939.
2. Проскуряков Н. И. и Бундель А. А. Биохимия хлебопечения, сб. 2, 1941.
3. Reiss P. C. r. soc. biol., 131, 539, 1939.
4. Nagai J. J. of Biochem., 30, 225, 1930.
5. Шамшикова Г. Тр. Инст. ботан. Моск. ун-в., вып. 1, 12, 1940.
6. Greerstein J. J. Biol. Chem., 125, 501, 1938; *ibid.*, 128, 233, 1939; *ibid.*, 130, 519, 1939.
7. Rosner L. J. Biol. Chem., 132, 657, 1940.
8. Евреинова Т. Биохимия, 4, 492, 1939.
9. Strain H. a. Linderström-Lang K. Enzymol., 5, 86, 1938.
10. Mayer M. a. Voegtlin C. Enzymol., 6, 219, 1939.
11. Linderström-Lang K. a. Johansen C. r. Labor. Carlsb., ser. chim., 23, 167, 1940.
12. Stal H. a. Linderström-Lang K. C. r. Labor. Carlsb., ser. chim., 23, 167, 1940.
13. Ganapathy C. a. Sastri B. Proc. Indian Acad. Sci., sect. B, 8, 399, 1938.
14. Sullivan B., Howe M. a. Schmalz F. Cer. Chem., 13, 665, 1936; Sullivan B. a. Howe M. J. Amer. Chem. Soc., 59, 2742, 1937.
15. Ganapathi C. a. Sastri B. Proc. Indian Acad. Sci., sect. B., 10, 81, 1939.

16. Balls A. a. Lineweaver H. J. *Biol. Chem.*, 130, 669, 1939.
17. Balls A. a. Lineweaver H. *Nature*, 144, 513, 1939.
18. Hale W. *Cer. Chem.*, 16, 695, 1939.
19. Balls A. a. Hale W. *Cer. Chem.*, 17, 243, 1940.
20. Freilich J. a. Frey C. *Ind. E. g. Chem. (ews edit.)*, 15, 294, 1937.
21. Freilich J. a. Frey C. *Cer. Chem.*, 16, 485, 1939.
22. Freilich J. a. Frey C. *Cer. Chem.*, 16, 495, 1939.
23. Freilich J. a. Frey C. *Cer. Chem.*, 16, 503, 1939.
24. Burian K. *Цит. по Chem. Abstr.*, 33, 7402, 1939.
25. Ziegler E. *Cer. Chem.*, 17, 460, 1940.
26. Ziegler E. *Cer. Chem.*, 17, 551, 1940.
27. Ziegler E. *Cer. Chem.*, 17, 556, 1940.
28. Проскуряков Н. И. и Павлинова О. А. *Биохимия*, 5, 443, 1940.
29. Шибаев П. Н. *Дока. С.-х. акад. им. Ленина*, вып. 2, 28, 1941.
30. Guillemet R. *C. r. soc. biol.*, 125, 906, 1937.
31. Elton E. *Cer. Chem.*, 17, 573, 1940.
32. Опарин А. И. и Онищенко Е. Г. *Биохимия хлебопечения*, сб. 2, 1941.
33. Проскуряков Н. И. *Хлебопек. промышл.*, № 1, 3, 1940.
34. Bailey L., Bartram M. a. Row S. *Cer. Chem.*, 17, 55, 1940.
35. Шербак С. Е. *Хлебопек. промышл.*, № 8, 13, 1940.
36. Шахнович-Смирнова А. Э. *Микробиогия*, 10, 542, 1941.
37. Harris R. a. Johnson J. *Cer. Chem.*, 17, 203, 1940.
38. Harris R. a. Johnson J. *Cer. Chem.*, 17, 232, 1940.
39. Cook W. a. Rose R. *Nature*, 134, 380, 1934.
40. Aitken T. a. Geddes W. *Cer. Chem.*, 16, 223, 1939.
41. Harris R. *Cer. Chem.*, 17, 222, 1940.
42. Соседов Н. И., Вакар А. Б. и Дроздова З. Б. *Биохимия*, 5, 464, 1940.
43. Мунц Е. a. Brabender C. *Cer. Chem.*, 17, 78, 1940.
44. Muncz E. a. Brabender C. *Cer. Chem.*, 17, 313, 1940.
45. Проскуряков Н. И. и Бундель А. А. *Биохимия хлебопечения*, сб. 1 и 2, 1938—1941.
46. Мельников Н. *Селекция и семеноводство*, № 9, 21, 1939.
47. Berliner E. u. Koopman J. *Z. ges. Mühle wes.*, 6, 57, 75, 1929.
48. Проскуряков Н. И. и Бранопольская Р. А. *Методы оценки качества клейковины*, 1939, изд. ВНИИХ.
49. Проскуряков Н. И., Бундель А. А. и Зезюлинский В. М. *Биохимия*, 5, 1940.
50. Кретович В. Л. и Токарева Р. Р. *Биохимия*, 3, 387, 1938; *ibid.*, 4, 636, 1939.
51. Онищенко Е. Г. *Биохимия хлебопечения*, сб. 2, 1941.
52. Bach A. u. Oparin A. *Bioch. Z.*, 134, 183, 1923; Bach A., Oparin A. u. Wahner R. *ibid.*, 180, 362, 1927.
53. Проскуряков Н. И., Бундель А. А. и Коренев Н. А. *Сов. муком. и хлебопеч.*, № 2, 26, 1933.
54. Козьмина Н. П. и Романова М. С. *Биохимия*, 3, 378, 1938.
55. Linderström-Lang K. a. Holter H. C. r. *Labor. Carlsb.*, 19, 6, 1932.

N. PROSKURIAKOV AND A. BUNDEL

THE QUALITY OF WHEAT FLOUR PROTEINS AND THEIR FERMENTATIVE ATTACKABILITY

SUMMARY

In the proteolysis of flour from normal undamaged grain the quality of the protein substrate has a prevailing signification.

The dispersion method applied to gluten in dilute lactic acid allows to account for the quality of gluten in small doses of material, with little waste of time and with sufficient objectivity.

By the above mentioned method the quality characteristic of gluten in 13 samples of wheat varieties was given both directly in grain and in flour of 70% yield, showing a definite connection between the gluten quality in the grain and in the flour.

Although the quality of gluten, determined after storage of the milled grain and flour, is subject to changes in the sense of its fortification, in

the base it is in conformity with the quality of the same samples directly after milling. It allows to establish the quality characteristic of the gluten without a long period of rest of the flour after milling.

A sharp and very quick deterioration of the gluten quality in normal flour when mixed with flour from grain damaged by wheat bugs, observed during the washing of gluten without a rest-period of the dough, results from the effect of active ferments present in flour from damaged grain, passing very easily in the water medium in the process of dough-mixing.

At the addition of a sample with stronger gluten to normal flour with weak gluten, a marked improvement of the quality in the protein complex of the weak flour is noted.

The method of dispersion of the gluten in lactic acid may be successfully used for the regulation of the necessary correlation of the flour samples of different strength to be blended.

The fermentative attackability of the wheat flour proteins is closely connected with their quality: samples with weak gluten possess a greater attackability than samples with stronger gluten.

The fermentative attackability of the proteins after the storage of freshly-milled flour and grain decreases, a phenomenon accompanied by the simultaneous fortifying of the gluten.

The attackability of the wheat flour proteins may be accounted for by means of a photonephelometer, by the changes which may be observed in the gluten after its washing from the dough mixed with an addition of the proteolytic ferments, for instance papain, or of a preparation separated from grain damaged by wheat-bugs.

During the maturing of grain in the field some changes in the quality of gluten in the relation of its fortifying is noticed; it occurs for the account of a considerable decrease of the proteolytic activity. Such a fortification of proteins corresponds to the decrease of their attackability.

During the germination of grain an inverse picture is observed.

The removal of fat from milled grain changes the quality of gluten decreasing its solubility in lactic acid.

In consequence of the processes conducting to the weakening or fortifying of the gluten, its attackability is changed respectively. Thus, at the addition during mixing of papain or cystein to flour, the quality of gluten washed from dough at definite intervals changes in the sense of weakening, and results in an increase of its attackability. And, inversely, when heat treatment is applied to the grain and flour a decrease of the protein attackability is observed and an inactivation of the proteolytic ferments. A fortifying of the gluten and a decrease of its attackability occurs also in the conditions of moderate oxidation of the gluten proteins with hydrogen peroxide.

Н. И. ПРОСКУРЯКОВ и Е. В. БУХАРИНА

ОСОБЕННОСТИ ПРОТЕАЗНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕРНА, ПОРАЖЕННОГО КЛОПОМ-ЧЕРЕПАШКОЙ

(Институт биохимии Академии Наук СССР)

Понижение хлебопекарных качеств муки из зерна, пораженного клопом-черепашкой, вызвало необходимость детального биохимического изучения такого зерна и в особенности его протеазно-белкового комплекса. Уколы, произведенные клопом-черепашкой, приводят, как известно, к резкому ухудшению качества клейковины и, тем самым, к получению муки, обладающей специфическими свойствами. Такая мука отличается пониженной водопоглотительной и газодерживающей способностью, вследствие чего устойчивость и консистенция теста при брожении снижаются, уменьшается объемный выход хлеба, ухудшается пористость мякиша и особенно увеличивается расплываемость подовых хлебов. Весьма существенно, что подобная мука, будучи смешана с нормальной, может в значительной степени ухудшать качество хлеба.

Для выявления сущности такого действия предпринимался целый ряд исследований; наиболее вероятными следует признать заключения о присутствии в пораженном зерне весьма активных протеолитических ферментов, могущих приводить к потере клейковины упругих, эластичных свойств.

Еще в 1931 г. Берлинер [1] сообщил о наличии зерна, обладающего липкой клейковиной («Leimkleber»), и он же предположил, что подобное явление вызывается укулами клопов-черепашек. Однако и до 1931 г. было известно, что некоторые виды клопов-черепашек могли сильно понижать валовой урожай пшеницы, что наблюдалось, в частности, в Испании, Северной Африке и Малой Азии. Заслуга Берлинера в том, что он впервые установил зависимость между наличием подобных укулов в зерне и ухудшением его качеств. Клейковина данного зерна теряла свои обычные свойства и приобретала особенную липкость и клейкость, что послужило Берлинеру поводом дать новый вышеуказанный специфичный термин для обозначения такой клейковины.

В своих дальнейших работах Берлинер продолжал отстаивать мнение, что в пораженном зерне присутствует специфический протеолитический фермент («Leimkleeferenzym») и что этот предполагаемый фермент очень резко отличается от всех испытанных им препаратов, например папаина, пепсина, панкреатина, трипсина и сычужного фермента. По его мнению, такая специфичность сказывается в том, что данный фермент, в противоположность остальным, вызывает лишь коллоидно-химические изменения в клейковине, не производя в ней каких-либо глубоких расщеплений.

В 1934 г. в СССР были начаты систематические работы по изучению биохимических особенностей зерна, пораженного клопом-черепашкой.

Козьмина и Маркин [2] исследовали различные сорта пшениц, имевшие от 3 до 18,5% зерен со следами укулов и дававшие совершенно не эластичную и липкую клейковину. Как на особенность такого зерна они обратили внимание на значительный прирост воднорастворимых веществ и на уменьшение содержания общего и белкового азота по сравнению с контрольными, нормальными образцами. Они же показали, что деградация клейковины ослаблялась или прекращалась в случае замешивания муки на $0.1N-0.05N$ соляной кислоте или на 5% растворе хлористого натрия.

Благовещенский и Соседов [3] высказали предположение, аналогичное выдвинутому Берлинером, о существовании в пораженном зерне специфического фермента, только растворяющего белки, но не расщепляющего амидных связей. В их опытах под влиянием водных вытяжек из пораженного зерна клейковина растворялась за 24 часа в количестве до 8% от ее общего азота, вне зависимости от испытанных ими условий реакции среды ($pH = 4.7$ и 8.0). Указанные авторы высказали мнение, что «данный фермент, являющийся представителем совершенно нового типа дезагрегирующих ферментов, работает как при кислотной, так и при щелочной реакции». Аналогичный фермент найден ими и в препарате мальтина, полученном из солода.

Следует также остановиться на работах некоторых французских исследователей.

Поскольку попытки непосредственного выделения из пораженного зерна ферментов, обуславливающих разжижение клейковины, осуществленные еще Берлинером, были неудачны, то Гийме [4] предпринял приготовление водных вытяжек из тел самих насекомых (*Aelia cognata*), а также, отдельно, из их головной части. Амилолитическое и протеолитическое действие этих вытяжек учитывалось на пшеничной муке. Он установил, что в присутствии вытяжек из целых насекомых образование мальтозы в мучных суспензиях возрастало почти в три раза, в то время как вытяжки из одних головных частей оказались значительно менее активными. Количество растворимого и формольного азота резко возрастало по сравнению с контролем при прибавлении вытяжек к водным мучным суспензиям. На основании своих опытов Гийме считает вполне логичным предположение, что наблюдаемые ухудшения теста в процессе хлебопечения в случае применения муки из пораженного зерна могут обуславливаться влиянием пищеварительных соков, выделенных и ингибированных насекомыми, питающимися во время пребывания на зерне его азотистыми и крахмалистыми запасами. Внесенная в зерно при укуле жидкость, имеющая, по видимому, назначение облегчать восприятие питательных веществ насекомым, обладает хорошей растворимостью в воде и, вследствие большой активности присутствующих в ней ферментов, вызывает быстрое разжижение теста при его замесе.

Жоффруа [5] с помощью фаринографа и экстенсиметра подверг испытанию как отсортированное, здоровое зерно, так и искусственно приготовленные из него смеси с добавлением 4 и 8% пораженных зерен. В случае прибавления пораженных зерен наблюдалась быстрая потеря тестом первоначальной консистенции, что свидетельствовало, по мнению автора, о действии протеолитических ферментов. В том же материале Жоффруа определял по методике Жавилье и Джелатид [6] белковые фракции, причем констатировал между ними значительные различия. При аутолизе количество растворимых белков и аминокис-

лот в пораженном зерне было всегда увеличенным по сравнению с нормальным. В целях улучшения Жоффруа применил нагревание зерна при 80 и 120° в течение 15 минут и пришел к заключению, что действие протеолитических ферментов, учитывавшееся по приросту аминокислот, во всех случаях значительно снижалось, и в особенности резко при 120°.

Менере [7] довольно подробно описал наиболее существенные отличия поврежденного зерна и подчеркнул также, что действие такого зерна при его примешивании к нормальному носит ферментативный характер. При изучении степени повреждения различных французских сортов пшениц за ряд лет, он с большим успехом применял способы оценки качества клейковины по Пельшенке и Берлинеру.

Кретовичем и Токаревой [8] было показано, что поврежденные зерна отличались от здоровых повышенным содержанием воднорастворимых азотистых веществ и глиадиновой фракции, повышенной активностью диастаза и некоторым увеличением титруемой кислотности. Эти данные указывали, следовательно, на то, что под влиянием укулов клопа-черепашки меняется не только белковый комплекс, но происходят и другие изменения. Отказавшись от учета свободных аминных групп, как не учитывающих ферментативного действия на первых стадиях (дезагрегирование) протеолиза, авторы предпочли измерять прирост в азоте, переходящем в водный раствор, за счет действия глицириновых вытяжек из пораженных зерен в течение 16 часов на сухую, измельченную клейковину при различных рН (от 2.2 до 8.0). Они указали на существование двух оптимумов для действия ферментов, растворяющих клейковину: одного — при нейтральной, другого — при сильно кислой реакции. По их указаниям, прибавление йодата и перекиси водорода несколько задерживало расплывание теста.

Те же авторы в дальнейшей работе [9] показали, что, при 24-часовом аутолизе поврежденных зерен накапливалось весьма значительное количество азота как общего воднорастворимого, так и не осаждаемого трихлоруксусной кислотой. При экстрагировании поврежденных зерен слабым раствором соды, последующего диализа и осаждения спиртом они получили препараты, обладавшие способностью быстро разрушать клейковину. Испытав физические свойства теста с помощью альвеографа, авторы сочли возможным заключить, что бромат и цистеин не влияли на действие ферментативного препарата при его добавлении к муке из пшеницы Цезиум, обладавшей хорошей клейковиной. На основании полученных данных Кретович и Токарева пришли к мнению, что ферменты пораженного зерна принадлежат скорее к группе триптаз, а не к папаиназам. Они указали на возможность применения обработки пораженного зерна паром с целью улучшения клейковины.

Проскуряков и Бундель [10] показали применением разработанных ими методов определения качества белков пшеничной муки, что белковые вещества в зерне, пораженном клопом-черепашкой, вследствие их значительного ухудшения, обладают способностью чрезвычайно легко подвергаться протеолитическому воздействию, а также полностью растворяться в слабой молочной кислоте.

Учитывая возможность укрепления деградированных белков нагреванием, Онищенко [11] применила для исправления как пораженного зерна, так и полученной из него муки различные способы термической обработки. Хлебопекарные качества подвергнутого такой обработке зерна значительно улучшались. Вполне вероятно, что при подобной обработке происходит частичная или полная инактивация некоторых ферментов, в том числе и протеолитических.

Благовещенский [12] и Юргенсон [13] применили при выпечках хлеба из муки с дефектной клейковиной различные окислительные системы и констатировали их улучшающее действие. Так, в опытах с одновременным добавлением к муке при замесе молочной кислоты, перекиси водорода и препарата пероксидазы они получили стандартный хлеб даже из сильно испорченной муки. Дополнительное введение пероксидазы, по-видимому, не обязательно, поскольку она всегда присутствует в муке и обладает достаточной активностью. Почти аналогично, но несколько слабее вел себя и бромат калия при добавлении его в тесто вместе с молочной кислотой.

Из практики хранения зерна известно, что при длительном хранении (в течение года) пшеницы, пораженной клопом-черепашкой и имевшей липкую, тянущуюся клейковину, наблюдалось значительное улучшение качества последней. Отмечалось также, что в результате такого продолжительного хранения вредные последствия от укула полностью исчезали.

Длительное хранение (от 9 до 13 месяцев) муки из зерна, пораженного в разной степени (от 3,5 до 11%) клопом-черепашкой, по данным Ауэрмана [14], приводило к резкому улучшению физических свойств теста и клейковины. Эти изменения сказывались также и в значительном повышении отношения высоты к диаметру подовых хлебов. Интересно отметить, что наибольшие улучшения по всем показателям качества клейковины, теста и хлеба произошли при продолжительной отлежке в образцах муки второго сорта, на муке же высшего и первого сортов сказались в меньшей степени.

Приведенные результаты опытов с длительным хранением зерна и муки несомненно указывают на значение окислительных процессов, влияние которых может сказываться как на изменениях в качестве белкового комплекса, так и на активности протеазной системы зерна, пораженного клопом-черепашкой.

Ряд работ [15] посвящен выяснению влияния подкисления теста на качество хлеба при выпечках из муки, имеющей тянущуюся клейковину и так называемой «бесклейковиной». Все авторы сходятся на том, что в огромном большинстве случаев при подкислении теста из такой муки (путем прибавления спелой опары или спелого теста, молочнокислых заквасок и т. д.) можно получить определенные улучшения в качестве хлеба по сравнению с обычным способом тестоведения.

В отношении бромата калия мнения различных авторов расходятся: некоторые утверждают, что применение бромата при использовании муки с липкой, тянущейся клейковиной безусловно действует благоприятным образом, другие же отрицают такую возможность. Такие разноречия обуславливаются, по всей вероятности, тем, что применялись весьма отличные друг от друга образцы муки, различно реагирующие на прибавление бромата и с неодинаковой степенью поражения, что не дает возможности сравнивать подобные наблюдения и делать общие заключения.

Гольдштейн, Горбачевская и Сковская [16] стремились выяснить природу ферментативной системы зерна, пораженного клопом-черепашкой, и выработать практические меры для улучшения хлеба из такой муки. Полученные ими результаты подтвердили, что в поврежденных зернах (укус, желтое пятно) значительно повышено содержание воднорастворимого азота и азота, не осаждаемого трихлоруксусной кислотой. Новыми фактами явились замеченные ими резкое увеличение количества свободного и пептидного тирозина и очень заметное усиление активности тирозиназы. При сравнении действия вод-

ных экстрактов из пораженного и здорового зерна на нормальную пшеничную муку наблюдался довольно отчетливый прирост аминных групп, но особенно интенсивно нарастал свободный и пептидный тирозин. Это обстоятельство дало основание авторам признать, что в зерне при поражении его клопом-черепашкой появляется фермент, вызывающий усиленный гидролиз белков пшеницы. Вследствие этого они отрицают наличие в пораженном зерне ферментов с дезагрегирующими свойствами, вызывающих лишь изменение свойств клейковины в результате разрыва ассоциативных связей в белковой молекуле и не обуславливающих разрыва пептидных связей с освобождением пептидов и аминокислот.

Данными исследователями было проведено сравнительное испытание действия на клейковину экстрактов из пораженного зерна и растворов трипсина, пепсина и химозина, причем оказалось, что последний препарат по своим свойствам приближался к экстракту из зерна, пораженного клопом-черепашкой, больше, чем другие ферменты. Между химозином и экстрактом из такого зерна, по мнению авторов, нет, однако, полного сходства. В качестве парализаторов протеолитического действия экстрактов из пораженного зерна были испытаны хлористый и сернокислый натрий. Было найдено, что хлористый натрий резко тормозил протеолитическое действие как подобных экстрактов, так и химозина.¹ Применение сернокислого натрия в относительно небольших количествах (0,5% безводного Na_2SO_4 от веса муки) также подавляло активность ферментов, находившихся в экстрактах из пораженного зерна. Выпечки хлеба из такого зерна, при добавлении сернокислого натрия в количестве от 0,5 до 0,7% от веса муки, показали заметное улучшение, снижая расплываемость подовых хлебов, что дало возможность указанным авторам предложить этот способ для использования его в практике хлебопечения.

На основании указанной работы Горбачевская и Скловская сообщили [17] о методе, пригодном для диагностики повреждения пшеницы клопом-черепашкой. С этой целью они использовали методику Цуверкалова для количественного определения тирозина как в свободном виде, так и могущего находиться в пептидах. По данным их опытов, содержание тирозина в пораженном клопом-черепашкой зерне всегда во много раз больше, чем в нормальном.

Недавно с той же чисто диагностической целью Токаревой [18] был предложен способ, довольно близко примыкающий к дредыдущему, но основанный на применении реактива Миллона и учитывающий суммарное содержание тирозина в аутолизатах зерна, без предварительного удаления воднорастворимых белков. Данный метод является качественной пробой, могущей, по указаниям автора, обнаружить наличие зерен, пораженных клопом-черепашкой.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Задачей настоящей работы являлось изучение особенностей протеолитической системы зерна, пораженного клопом-черепашкой. Изучение данной системы, естественно, следует увязывать и с белковым комплексом такого зерна.

Как уже указывалось, белковые вещества пораженного зерна от-

¹ Из приведенных авторами данных можно также усмотреть, что хлористый натрий еще в большей мере действовал аналогичным образом и на трипсин.

личаются рядом характерных особенностей. Белковые компоненты клейковины такого зерна в значительной степени изменены вследствие того, что они подвергались усиленному ферментативному воздействию начиная с момента укола, в результате чего эти белки обладают, повидимому, менее сложным мицеллярным строением. Подобные изменения сказываются, в частности, и на ослаблении сопротивляемости белков при протеолизе. Содержание небелкового азота в пораженном зерне достигает чрезвычайно высоких размеров по сравнению с здоровым зерном. Накопление продуктов белкового распада при аутолизе такого зерна происходит также значительно сильнее, причем наблюдается соответственно и больший прирост аминного азота.

Прежде чем приступить к выделению и изучению протеолитических препаратов из пораженного клопом-черепашкой зерна, мы поставили некоторые предварительные опыты. Эти исследования показали, что такому зерну свойственно более повышенное содержание воднорастворимого азота, причем не только при длительном настаивании, как на это обычно указывали другие авторы, но и при быстрой экстракции в течение нескольких минут, что несомненно свидетельствует о преформированном состоянии белков в таком зерне.

В одном из наших опытов из партии пшеницы «Украинка» были отобраны вручную две фракции: одна, состоявшая из 100% пораженных зерен, другая — из нормальных. Исходный же образец с 11% пораженных зерен служил для сравнения.

Таблица 1
Динамика воднорастворимого азота
при аутолизе муки
(в % от общего азота)

Аутолиз (в часах)	Фракция здоровых зерен	Исходный образец	Фракция из 100% пораженных зерен
0	11.43	9.99	25.41
1	17.41	17.46	30.36
2	19.07	19.91	37.56
4	19.70	23.56	48.44

В табл. 1 показана динамика накопления воднорастворимого азота при аутолизе этих отобранных фракций при естественном pH, причем наиболее характерно как повышенное содержание азота без настаивания в фракции из 100% пораженных зерен, так и очень быстрое нарастание азота за 4 часа при ее аутолизе.

Определения глиадина в цельносмолотом исходном зерне и в фракции из 100%

пораженных зерен не обнаружили каких-либо резких отличий, поскольку в первом случае азот глиадина составлял 44.27% от общего азота, а во втором — лишь немногим больше, а именно 46.36%.

По интенсивности протеолиза с учетом по аминному азоту (Ван-Слайк) в тех же фракциях цельносмолотого зерна также наблюдались заметные различия (табл. 2). Так, аминный азот, определявшийся в фильтратах от CCl_3COOH , в фракции из 100% пораженных зерен даже без настаивания вдвое превышал его количество, содержавшееся в непораженной фракции, что указывало, как и в случае воднорастворимого азота, на значительное расщепление белков или торможение при их формировании в данной фракции зерен после их повреждения.

Наконец, результаты опытов с высушенной клейковиной, сообщенные Проскуряковым и Бундель [11], подтвердили, что клейковина из пораженного зерна значительно легче подвергается протеолитическому воздействию, нежели из нормального.

Все эти данные показывают, что в зерне, пораженном клопом-черепашкой имеются как весьма активные протеолитические ферменты, так и в довольно сильной степени измененный белковый комплекс. Кроме того, вследствие повышенного содержания воднорастворимых азотистых веществ, быстро переходящих в водный раствор при настаивании, можно предполагать, что вместе с ними легко переходят в раствор и активные ферменты. Эти представления вполне согласуются с известным в практике хлебопечения фактом, что при замешивании муки из зерна, пораженного клопом-черепашкой, в тесте начинают довольно быстро обнаруживаться типичные явления его разжижения и ослабления. Это, несомненно, свидетельствует о легкой растворимости в воде тех ферментных систем, которые обладают таким исключительно сильным разжижающим действием на клейковину.

Основываясь на этих наблюдениях, мы предпочли изучение именно водных экстрактов из пораженного зерна, а не каких-либо иных, могущих привести к вторичным, нежелательным изменениям, например денатурации и т. д. Однако сначала было испытано применение водно-глицериновых вытяжек из пораженного и нормального зерна, причем при протеолизе были обнаружены заметные различия в зависимости от pH. Означенные опыты ставились следующим образом. К измельченной и высушенной клейковине прибавляли глицериновые вытяжки из различного зерна и буферные смеси; после 24-часового пребывания при 40° учитывали в фильтрах от CCl_3COOH прирост небелкового азота в процентах от общего азота, присутствовавшего во взятых навесках клейковины (табл. 3).

Оказалось, таким образом, что при $\text{pH} = 7.0$ различия в протеолитической активности экстрактов из пораженного зерна были примерно в 5 раз больше по сравнению с действием экстрактов из нормального зерна. При кислой реакции эти различия хотя и учитывались, но менее эффективно.

Для опытов по выделению и очистке протеолитических препаратов была взята мука 85% выхода из пшеницы, состоявшей почти исключительно из зерен, пораженных клопом-черепашкой, и не дававшей при обычном отмывании клейковины. Огромное большинство зерен носило явные признаки укулов, и значительная часть была щуплой, что свидетельствовало о повреждении зерна клопом на ранних стадиях созревания.

Выделение ферментативных препаратов осуществляли следующим путем. Муку настаивали с дистиллированной водой (1:5) в течение,

Таблица 2

Динамика аминного азота при аутолизе муки
(в мг на 10 г муки)

Аутолиз (в часах)	Фракция здоровых зерен	Исходный образец	Фракция из 100% пораженных зерен
0	2.60	2.85	5.50
4	4.90	5.70	9.20
24	10.00	13.00	14.20

Таблица 3

Протеолитическая активность глицериновых экстрактов из нормального и пораженного зерна, определенная по расщеплению клейковины в % от ее азота

Образцы	pH=4.8	pH=7.0
Зерно нормальное	1.69	0.74
* пораженное	3.50	3.51

пшеницы, состоявшей почти исключительно из зерен, пораженных клопом-черепашкой, и не дававшей при обычном отмывании клейковины. Огромное большинство зерен носило явные признаки укулов, и значительная часть была щуплой, что свидетельствовало о повреждении зерна клопом на ранних стадиях созревания.

примерно, 24 часов в рефрижераторе и изредка перемешивали. На следующий день суспензию подвергали центрофугированию, центрофугат отфильтровывали через слой кизельгура и к прозрачному фильтрату прибавляли кристаллический $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ до 0.2 от полного насыщения. Выпавший сероватый осадок отстаивали на холоду, собирали после центрофугирования, промывали раствором $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ той же концентрации, растворяли в небольшом количестве воды и осаждали на холоду 10-кратным количеством 96° спирта. Серовато-белый хлопьевидный осадок после быстрого отстаивания центрофугировали, многократно промывали на фильтре холодным крепким спиртом, а затем сухим серным эфиром. Выход сухого препарата светлосерого цвета составлял до 0.5% от веса муки.

К жидкости после выпадения осадка прибавляли $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ до 0.4 от полного насыщения; после отстаивания на холоду вновь выпавший осадок обрабатывали аналогичным способом. Затем концентрацию соли в фильтрате доводили до 0.8 от полного насыщения, и, таким образом, был получен третий препарат. Количественные выходы второго и третьего препаратов были значительно большими, чем первого.

Аналогичной обработке с помощью фракционированного осаждения $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ различной концентрации подвергали также и водные экстракты муки из здорового зерна; полученные из нее препараты служили для сравнения. Действие последних препаратов было несравненно менее эффективным, и поэтому полученные данные, в дальнейшем изложении не приводятся.

Оказалось, что наибольшей активностью по отношению к разжижению клейковины обладал первый препарат из пораженного зерна, с которым и была проведена вся дальнейшая работа.

Общий азот в данном препарате составлял 14.83% (на воздушно-сухое вещество), причем белковый азот доходил в нем до 9.37%, что соответствовало 63.18% белка. Препарат обладал очень хорошей растворимостью в воде.

С целью установления активности препарата были проведены опыты по изменению качества клейковины при добавлении его в раство-

Таблица 4

Изменения клейковины под влиянием различных доз протееолитического препарата

Количество препарата (в % от веса муки)	Показания фотонейфелометра	
	0 мин.	30 мин.
Контроль, без препарата	1.05	1.25
0.005	1.10	1.25
0.01	2.00	4.30
0.02	3.05	8.10
0.06	12.00	15.00
0.10	14.10	26.00
0.20	Клейковина не отмывалась	

рах к муке при замешивании. К муке с крепкой клейковиной прибавляли в меняющихся количествах от 0.005 до 0.1% указанного препарата. Изменения качества клейковины прослеживали по степени ее растворения в молочной кислоте с помощью фотонейфелометра [19].

Из табл. 4 видно, что примешивание препарата даже в количестве 0.01—0.02% от веса муки заметно изменяло качество клейковины. Количества препарата больше 0.1% совершенно не давали возможности отмыть клейковину (табл. 4).

Следует отметить, что клейковина менялась и при ее немедленном отмывании, без какой-либо отлежки теста, что свидетельствовало о чрезвычайно быстром действии препарата. Аналогичные явления

наблюдались также и в опытах с применением панаина [20] в значительных дозировках.

Для сравнения эффективности действия вместо препарата была взята непосредственно та же мука, из которой он был приготовлен, причем оказалось, что для достижения одинаковых результатов нужны были количества муки, превосходящие в несколько десятков раз дозировки препарата (табл. 5).

Активность ферментативного препарата учитывалась и по его действию на тесто с помощью альвеографа.¹ Для этих опытов были подобраны три образца муки 72% выхода с клейковиной различного качества и пшеницы Саррубра, Лютесценс и Заря. Препарат прибавляли при замесе теста в растворенном виде в следующих количествах: 0.025, 0.05 и 0.1% от веса муки. Полученные результаты приведены в табл. 6 и на рис. 1.

Таблица 6

Изменения физических свойств теста при добавлении различных доз препарата

Обозначения альвеограмм	Наименование пшеницы и дозировка препарата (в ‰)	P упругость	G растяжимость	W удельная работа деформации	Отклонение по W (‰) между контролем и смесями
а	Саррубра (контроль)	166	18.2	458	0
б	» + 0.05% препарата	151	18.7	362	21
в	» + 0.1%	146	17.2	292	36
г	Лютесценс (контроль)	98	20.3	252	0
д	» + 0.05% препарата	77	18.6	158	37
е	» + 0.01%	62	20.0	112.5	55
ж	Заря (контроль)	54.5	16.9	87	0
з	» + 0.025% препарата	50.5	15.3	66	24
и	» + 0.05	42.5	13.4	48.8	44

Пшеница Саррубра дает муку очень сильную ($W = 458$), Лютесценс — выше средней силы ($W = 252$) и Заря — слабую ($W = 87$).

¹ За производство определений и оказанную при этом консультацию приносим искреннюю благодарность заведующему Лабораторией физики муки ВНИИЗ С. И. Теуину и научн. сотр. Б. Я. Зибель.

Для муки из пшеницы Заря пришлось ввести меньшую дозировку препарата, по сравнению с другими, а именно 0.025, поскольку к ней нельзя было применить наибольшую, т. е. 0.1%. Данные по альвеограммам позволяют сделать следующие заключения. Добавление препарата во всех случаях вызывало изменения физических свойств те-

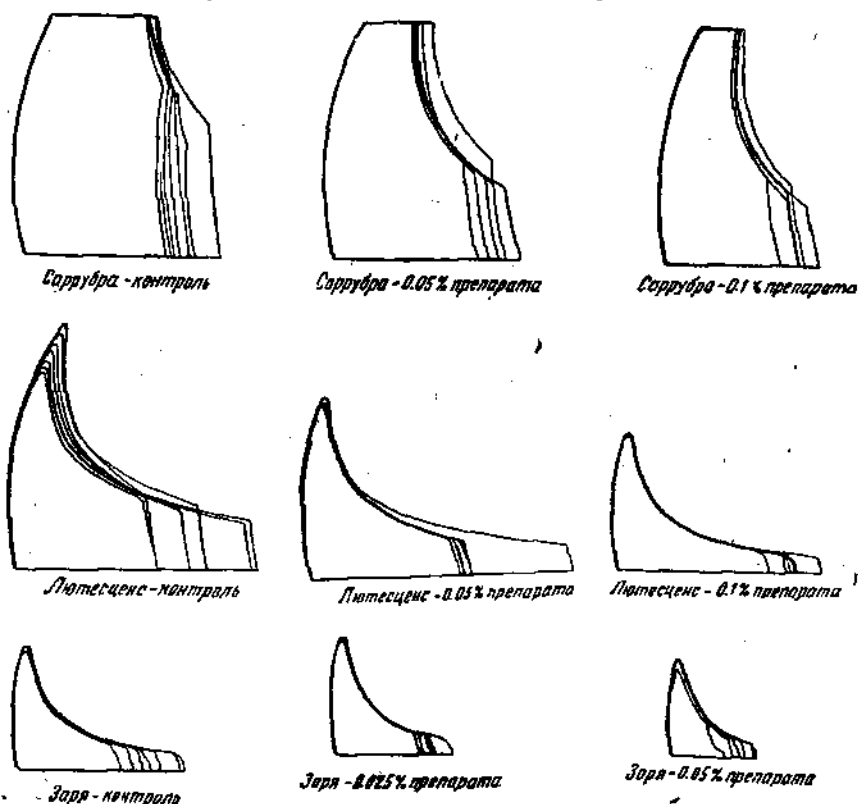


Рис. 1. Фотографии альвеограмм

ста, состоявшие как в снижении удельной работы деформации W , так и в ослаблении упругости P . Растяжимость теста не претерпевала при этом особых изменений. Отношение различных сортов пшеницы к добавлению одинаковых доз препарата было далеко не одинаковым, поскольку при одинаковых дозировках процент снижения по W был меньше для сильной муки, нежели для других более слабых образцов. Так, например, снижение по W при 0.05% препарата для муки из пшеницы Сарубра равнялось 21%, из Лютесценс — 37% и из Зари — 44%. Эти данные, несомненно, говорят о том, что различные сорта пшеницы довольно значительно различаются между собой по способности их белкового комплекса противостоять воздействию протеолитических ферментов, присутствовавших в данном препарате. Результаты этих опытов полностью совпадают с положениями, выдвинутыми Проскуряковым и Бундель [23] о значении качества белков в связи с их ферментативной атакуемостью. Отсюда напрашивается существенный для практики сельского хозяйства вывод о том, что при выведении новых сортов и сортоиспытаниях необходимо учитывать, наряду с другими показателями, также и качество белков, которые, как только что показано, могут различно реагировать на введение специфического фермента или, иными словами, на повреждение вредной черепашкой.

Те же образцы муки были испытаны по степени растворения клейковины в молочной кислоте с добавлением при замешивании 0.025% препарата (табл. 7).

Из этих данных, так же как и из предыдущих, следует, что препарат оказывает меньшее действие на сильную муку и значительно большее на слабую.

Наконец, в указанных образцах муки была определена ферментативная атакуемость белков клейковины описанным ранее способом [11], но вместо папаина был взят данный протеолитический препарат. Интенсивность протеолиза за 4 часа при pH = 8.4 учитывалась по накоплению небелкового азота и по количеству свободного и пептидного тирозина в тех же фильтратах, согласно методике Ансона [21] и указаниям Винника [22].

На рис. 2 видно, что клейковина из пшеницы Саррубра подвергалась значительно меньшему протеолизу, чем из пшеницы Заря, как по азоту, так и по тирозину. Сопrotивляемость ферментативному воздействию клейковины из пшеницы Лютесценс, как и следовало ожидать, занимала промежуточное положение по обоим показателям. Интересно отметить, что в одной работе было также обращено внимание на то, что при оценке пшеницы, пораженной клопом-черепашкой, имеет значение не только количество поврежденных зерен, но и сортовые качественные отличия. Было показано, что одни сорта пшениц сохраняют присущую им первоначальную хлебопекарную способность при более повышенном содержании поврежденных зерен, в то время как другие при том же количестве зерен значительно ухудшаются.

Пробные выпечки, осуществленные ВНИИХ¹ и проводившиеся безопасным способом на одних и тех же дрожжах с хорошей подъемной силой, показали, что добавление данного препарата к товарной пшеничной муке 70% выхода в количестве 0.05 и 0.1% (от веса муки) значительно увеличивало распыляемость хлеба по сравнению с контролем. В табл. 8 представлены средние результаты повторных выпечек.

¹ За разрешение и производство большого количества выпечек, а также обработку соответствующего материала приносим искреннюю благодарность директору ВНИИХ А. Н. Романову и заведующему технологической лабораторией Б. А. Николзеву.

Таблица 7

Изменения клейковины под влиянием протеолитического препарата

Наименование пшеницы	Показания фотонейтрометра	
	0 мин.	30 мин.
Саррубра—контроль . . .	1.2	2.2
» опыт	1.4	15.6
Лютесценс—контроль . . .	1.3	3.0
» опыт	7.1	16.0
Заря—контроль	19.0	28.1
» опыт	28.0	39.0

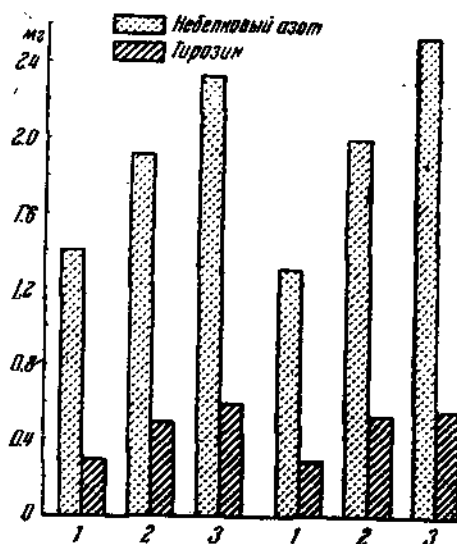


Рис. 2. Протеолиз клейковины из трех различных по силе образцов пшеничной муки под влиянием протеолитического препарата

1 — Саррубра; 2 — Лютесценс; 3 — Заря

чек из трех образцов муки, обладавших клейковиной различного качества, с добавлением как препарата, так и муки, из которой он был приготовлен, а также и папаина. Из этих данных видно, что прибавление протеолитического препарата влияло почти аналогично прибавлению как муки из пораженного зерна, так и папаина, причем наблюдалось, вследствие ослабляющего действия этих веществ на пластические свойства клейковины и теста, резкое усиление распыляемости подовых хлебов.

Таблица 8

Влияние протеолитического препарата муки из пораженного зерна и папаина на распыляемость хлеба (отношение высоты к диаметру)

Образцы муки	Контроль	Препарат из пораженного зерна (в %)		Мука из пораженного зерна (в %)		Папаин 0.0125%
		0.05	0.1	2.5	5.0	
№ 2	0.42	0.29	0.24	0.23	0.18	0.17
№ 131	0.35	0.21	0.20	0.18	0.16	0.15
№ 27	0.30	0.24	0.21	0.20	0.19	0.16

Вследствие почти полного отсутствия данных по влиянию рН на активность протеазного комплекса из зерна, пораженного клопом-черепашкой, за исключением результатов, приведенных в вышецитированных работах, мы сочли необходимым провести подобные испытания как непосредственно с мукой из такого зерна, так и с полученным из него протеолитическим препаратом.

Опыты с мукой показали (табл. 9 и рис. 3), что по мере перехода от кислой реакции, при которой наблюдался минимальный протеолиз,

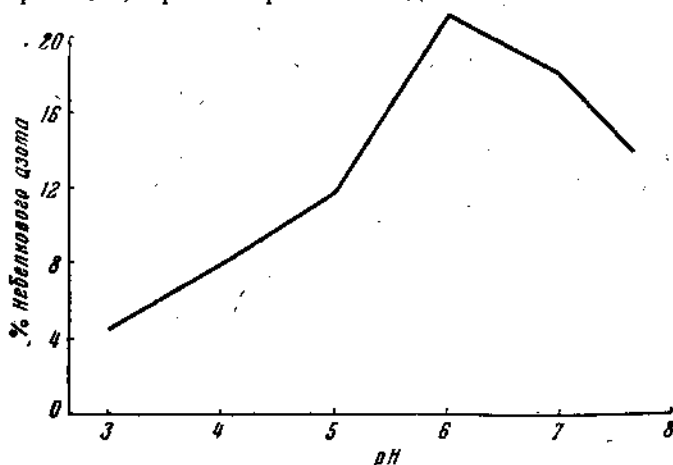


Рис. 3. Аутолиз муки из пораженного зерна при различных рН

учитывавшийся по приросту небелкового азота в результате 4-часового аутолиза муки с буферной смесью Мак-Ильвена при различных рН, интенсивность протеолиза постепенно возрастала, доходя, примерно, при рН = 6.0—7.0 до максимума, после чего начинала снижаться.

Аналогичные опыты по влиянию рН на протеолиз клейковины с применением препарата были поставлены следующим путем. К 0.2 г высушенной и измельченной клейковины приливали 2.5 мл цитратного

буфера, 2.5 мл раствора, содержащего 2.5 мг препарата, и после 4-часового выдерживания при 40° к смеси добавляли 5 мл 4% CCl_3COOH . В фильтратах определяли азот, а также свободный и пептидный тирозин. Из данных табл. 10 и рис. 4 видно, что, начиная от $\text{pH} = 3.06$ и до 7.89, наблюдалось быстрое нарастание небелкового азота и тирозина, после чего наступало резкое снижение. Оптимум действия данного ферментативного препарата лежал, таким образом, в слегка щелочной зоне около $\text{pH} = 8.0$.

В качестве белкового субстрата вместо клейковины был применен также и казеин, опыты с которым ставили почти аналогично предыдущей серии, но с небольшими отличиями в составе буферных смесей. Вместо цитратных растворов, начиная от $\text{pH} = 7.55$ и далее до 11.08, взяли боратный буфер. К 3 мл раствора казеина (60 мг) в 0.05N NaOH

Таблица 9

Аутолиз муки из пораженного зерна при различных pH

pH	Прирост небелкового азота (в % от общего азота муки)
3.06	4.41
3.99	7.82
5.04	11.63
5.99	21.01
6.90	17.99
7.69	13.76

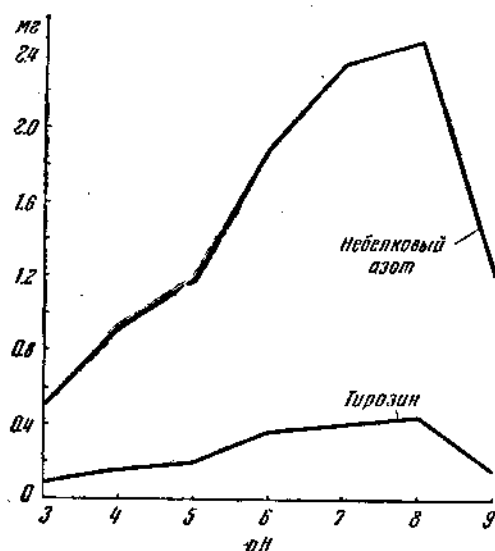


Рис. 4. Влияние pH на активность протеолитического препарата (субстрат — клейковина)

Таблица 10.

Влияние pH на активность протеолитического препарата (субстрат — клейковина)

pH	мг в 10 мл раствора	
	небелковый азот	тирозин
3.06	0.52	0.081
4.07	0.88	0.171
5.01	1.14	0.204
6.05	1.84	0.362
7.02	2.34	0.409
7.98	2.48	0.454
8.96	1.18	0.155

приливали по 3 мл буферной смеси и по 2 мл раствора, содержащего 3 мг препарата. После 4-часового пребывания при 40° к смеси добавляли 7 мл 4% CCl_3COOH и т. д.

Из данных табл. 11 и рис. 5 видно, что и в случае применения казеина в качестве субстрата действие препарата было всего эффективнее в слабо щелочной среде около $\text{pH} = 8.4$, причем в обе стороны от этого оптимума наблюдалось снижение, несколько более резкое в кислой среде.

В отдельных опытах была прослежена динамика накопления тирозина при действии препарата на высушенную клейковину при $\text{pH} = 7.98$. Оказалось, что за время от 15 минут до 4 часов происхо-

Таблица 11

Влияние pH на активность протеолитического препарата (субстрат—казеин)

pH	мг в 15 мл раствора	
	небелковый азот	тирозин
3.06	0.090	0.047
4.07	0.168	0.061
5.01	0.357	0.096
6.05	0.484	0.121
7.55	0.719	0.250
8.40	1.010	0.275
9.00	0.483	0.230
9.95	0.451	0.162
11.08	0.323	0.145

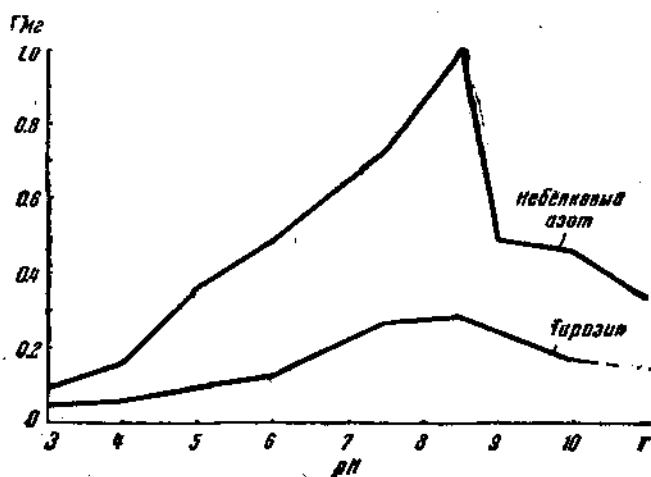


Рис. 5. Влияние pH на активность протеолитического препарата (субстрат — казеин)

дил довольно плавный прирост освобождающегося тирозина, с некоторым замедлением после 2 часов:

через 15 минут	0.068 мг тирозина	через 2 часа	0.362 мг тирозина
» 30 »	0.118	» 4 »	0.454
» 1 час	0.205		

Хранение сухого препарата в холодильнике, в закрытой склянке, в течение нескольких месяцев, как показали наши сравнительные определения, не влияло снижающим образом на его активность. Интересно было также проверить, насколько устойчивы водные растворы препарата при их хранении при низкой температуре. С этой целью раствор, содержащий 1.5 мг препарата в 1 мл, сохраняли в холодильнике при 0° в течение 6 дней и ежедневно испытывали активность раствора с применением в качестве субстрата клейковины и казеина, учитывая накопление небелкового азота и тирозина за 4 часа при pH = 8.5. Табл. 12 показывает, что активность водных растворов препарата постепенно падала как при учете протеолиза по небелковому азоту, так и по тирозину.

Таблица 12

Изменение активности водных растворов препарата при хранении (в мг)

Продолжительность хранения (в днях)	Субстрат—клейковина		Субстрат—казеин	
	азот	тирозин	азот	тирозин
1	2.76	0.787	0.85	0.169
2	2.17	0.592	0.72	0.127
3	2.19	0.604	0.24	0.123
4	2.19	0.607	0.21	0.042
5	1.02	0.561	0.19	0.034
6	1.06	0.558	0.17	0.031

На основании последних опытов следует отметить, что постепенная инактивация водных разбавленных растворов препарата происходит, по всей вероятности, вследствие их частичного окисления и что наблюдаются вполне отчетливые различия в падении активности, нахо-

дящиеся в зависимости от примененного субстрата и способа определения интенсивности протеолиза.

Для практических целей, преследующих улучшение качества зерна, пораженного клопом-черепашкой, и основывающихся на применении различных способов термической, гидротермической и паровой обработки, очень важно иметь точные данные о том, насколько и при каких температурах меняется активность протеолитической системы такого зерна. Поэтому мы считали важным установить ту температуру, прогревание при которой водных растворов препарата в течение определенного срока снижало бы в значительной степени их активность.

Для этого водные растворы с содержанием 1.5 мг препарата в 1 мл прогревали в течение одного часа при различных температурах, от 40 до 100°, после чего добавляли соответствующие количества испарившейся воды. Затем с прогретыми растворами ставили опыты по протеолизу клейковины и казеина, как и ранее. На рис. 6 видно, что в опытах с применением клейковины в качестве субстрата в интервале от 60 до 70° замечалось резкое снижение протеолиза как по азоту, так и по тирозину. При испытании на казеине также наблюдалось заметное уменьшение активности, но начиналось это падение уже в интервале от 40 до 50°, причем значительно более резкое по азоту, нежели по тирозину.

Было испытано также влияние препарата до и после его термической инактивации на протеолиз нормальной муки. Для этого к смеси из 2.5 г муки, 5 мл воды и 5 мл буфера прибавляли 2.5 мл раствора препарата (2.5 мг) и после 4-часового выдерживания при 40° определяли прирост в небелковом азоте по сравнению с контролем. В другом опыте был применен такой же раствор препарата, но предварительно нагревавшийся на кипящей водяной бане в течение 15 минут. Оказалось (табл. 13), что последний раствор не производил совершенно никакого действия, в то время как непрогретый раствор почти в 2.5 раза усиливал протеолиз муки.

Результаты последних опытов свидетельствуют о ферментативной природе препарата и о полном отсутствии активирующего действия

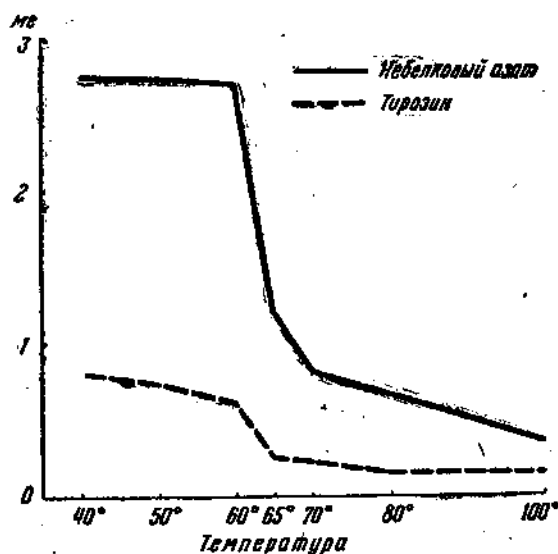


Рис. 6. Влияние предварительной температурной обработки на активность протеолитического препарата (субстрат — клейковина)

Таблица 13

Влияние препарата на протеолиз нормальной муки

Условия опытов	Прирост небелкового азота (в мг)
Контроль — без фермента	1.75
Опыт { прокипяченный ферментный раствор	1.48
ферментный раствор	4.21

его прокипяченных растворов на протеолитическую систему пшеничной муки.

Очень важно было выяснить, будет ли данный протеолитический препарат подвергаться активированию или ингибированию веществами, частично применявшимися и другими исследователями, — цистеином, перекисью водорода, броматом калия, хлористым и серноокислым натрием.

Как было указано выше, целесообразность применения окислительных систем для улучшения хлебопекарных свойств пораженного зерна оспаривалась некоторыми авторами. На данный вопрос, как нам казалось, легче и правильнее можно было ответить путем непосредственного испытания очищенного препарата, нежели при работе с зерном, в котором имеется сложная смесь протеолитических ферментов, как присущих самому зерну, так и внесенных в него извне при уколе клопом.

С этой целью сначала были поставлены опыты с добавлением цистеина по обычной схеме, с последующим учетом прироста в небелковом азоте. К смеси из 0.1 г высушенной клейковины прибавляли 2.5 мл ферментного раствора (2.5 мг препарата), 2.5 мл боратного буфера с $\text{pH} = 8.5$ и 1.25 мл раствора цистеина (1.25 мг); после 4-часового пребывания при 40° добавляли 7.5 мл 4% CCl_3COOH и 1.25 мл воды. При расчетах, естественно, учитывали количество азота в растворе цистеина и в результаты опытов вводили соответственную поправку. Данные, представленные в табл. 14, показали, что цистеин, взятый в минимальном количестве, усиливал протеолиз примерно в 2 раза.

Таблица 14
Активация протеолиза цистеином
(прирост небелкового азота в мг)

Условия опытов	Опыты		То же, за вычетом контроля	
	1	2	1	2
Контроль—без фермента и без цистеина, 0 часов	0.63	0.63	—	—
Опыт { с ферментом, 4 часа с ферментом и цистеином, 4 часа	1.98	2.04	1.35	1.41
	3.39	3.36	2.76	2.73

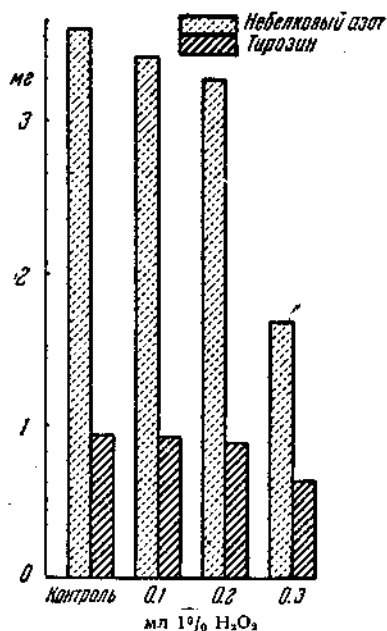


Рис. 7. Влияние перекиси водорода на интенсивность протеолиза

Поскольку восстанавливающее влияние цистеина сказывалось на усилении протеолиза, естественно было предположить, что добавление веществ окислительного характера может привести к угнетению ферментативной деятельности. В связи с этим было испытано применение перекиси водорода и бромата калия. Опыты с применением H_2O_2 осуществлялись почти по такой же схеме, как и ранее. К смеси из 0.1 г клейковины, 3 мл того же буфера и 1.25 мл ферментного раствора (2.5 мг препарата) прибавляли 1% H_2O_2 в меняющихся количествах (0.1, 0.2 и 0.4 мл) и воду до общего объема в 8 мл, после чего смесь оставляли при 40° и т. д. Полученные результаты (рис. 7) показали,

что по мере увеличения в растворе концентрации H_2O_2 интенсивность протеолиза по накоплению небелкового азота все более и более падала, составляя при наивысшем содержании H_2O_2 около половины от его первоначальной величины. Протеолиз, учитывавшийся по освобождавшемуся тирозину, также снижался, но в несколько меньшей степени.

Использование бромата в качестве окислителя дало близкие с предыдущими результаты, но при значительно меньших его концентрациях.

Таблица 15

Инактивация протеолиза броматом калия

KBrO_3 (в молях)	Небелковый азот		Тирозин	
	в мг	в % от контроля	в мг	в % от контроля
Контроль	2.40	100.00	0.403	100.00
0.002	2.19	91.25	0.343	85.11
0.004	1.80	75.00	0.246	61.04
0.006	1.68	70.00	0.227	56.33
0.008	1.11	46.25	0.164	40.69
Без предварительного взаимодействия				
0.006	2.07	86.25	0.253	62.75
0.008	1.65	68.75	0.232	57.57

Опыты ставились таким образом, что конечная концентрация KBrO_3 в смеси составляла 0.002, 0.004, 0.006 и 0.008 моля, причем его прибавляли предварительно к раствору фермента и буфера ($\text{pH} = 7.00$) и оставляли на 30 минут при комнатной температуре, после чего добавляли измельченную клейковину и смесь подвергали 4-часовому протеолизу

при 40° . Следует отметить, что предварительное выдерживание смеси ферментативного препарата и KBrO_3 ввели для того, чтобы подвергнуть окислению непосредственно самый препарат. Полученные результаты (табл. 15, рис. 8) вполне оправдали такое предположение, поскольку предварительное получасовое выдерживание препарата с KBrO_3 действительно более эффективно угнетало протеолиз, нежели в опытах без выдерживания. Интенсивность протеолиза постепенно снижалась по мере увеличения концентрации KBrO_3 , причем между содержанием небелкового азота и тирозина наблюдались в общем довольно близкие тенденции к снижению при увеличении дозировки KBrO_3 .

К последним сериям опытов с цистеином и окислителями следует сделать оговорку, заключающуюся в том, что их действие может распространяться не только на фермент, но частично и на самые белки,

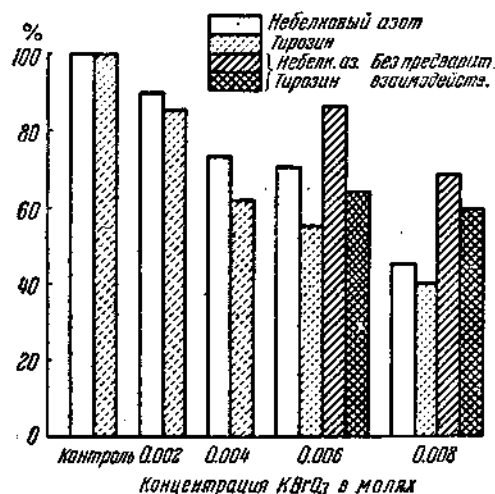


Рис. 8. Влияние бромата калия на интенсивность протеолиза

изменяя их ферментативную атакуемость. Однако опыты с предварительным взаимодействием препарата и KBrO_3 достаточно ясно показали, что действие окислителя проявляется непосредственно на самом ферментативном препарате.

При пробной выпечке с введением KBrO_3 в количестве 0.005% от веса муки степень распыляемости хлеба заметно снижалась, не достигая, однако, одинакового состояния с контролем. Так, в контроле h/d составляло 0.41, с добавлением 0.1% препарата — 0.18, а при одновременном присутствии препарата и KBrO_3 — 0.27.

Наконец, в свете вышеприведенных работ важно было установить, в какой мере хлористый и сернокислый натрий являются ингибиторами протеазной системы, присущей зерну, пораженному клопом-черепашкой.

С этой целью были поставлены по той же схеме опыты, причем к обычной смеси, состоявшей из клейковины, буфера и препарата, добавляли молярный раствор хлористого натрия в различных количествах, с тем чтобы его конечная концентрация составляла от 0.05 до 0.3 моля. Таким же путем проводили опыты и с добавлением сернокислого натрия ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), но только его конечное содержание в смеси соответствовало от 0.025 до 0.3 моля. На рис. 9 и 10 и табл. 16 представлено влияние различных концентраций хлористого и сернокислого натрия на интенсивность протеолиза.

Таблица 16

Влияние NaCl и Na_2SO_4 на протеолиз

Концентрация (в молях)	Хлористый натрий				Сернокислый натрий			
	небелковый азот		тирозин		небелковый азот		тирозин	
	в мг	в % от контроля	в мг	в % от контроля	в мг	в % от контроля	в мг	в % от контроля
Контроль	3.54	100	0.75	100	1.92	100	0.47	100
0.025	—	—	—	—	1.74	90.6	0.46	97.9
0.05	3.54	100	0.75	100	1.65	85.9	0.41	87.2
0.1	3.33	92.5	0.65	87.4	1.62	84.4	0.36	76.6
0.2	2.67	74.2	0.58	77.8	1.29	67.2	0.28	59.6
0.3	1.47	40.8	0.34	45.0	0.69	35.9	0.23	48.9

Исследования показали, что, начиная уже с довольно слабой концентрации, обе соли влияли определенно угнетающим образом на протеолиз, снижая его почти на половину в случае наивысшей концентрации в 0.3 моля, причем сернокислый натрий действовал несколько более эффективно. При пересчете же на процентное содержание солей в смеси очевидное преимущество принадлежит, однако, хлористому натрию, поскольку при максимальном содержании его в 1.75% достигается почти аналогичный эффект, как и при применении 4.25% безводного сернокислого натрия.¹

Подводя итоги, следует указать, что полученные нами результаты по изучению ферментативного препарата из зерна, пораженного клопом-черепашкой, заставляют признать, что по ряду одних свойств этот препарат близок к ферментам типа папаиназ, а по другим — приближается к группе триптаз. Более совершенная очистка препарата от загрязняющих его сопутствующих белков и ферментов позволит с большей определенностью установить его истинную природу. Составление данного препарата с другими, родственными ему протео-

¹ Пользуемся случаем выразить благодарность А. А. Бундель за проведение опытов по влиянию KBrO_3 и Na_2SO_4 на протеолиз.

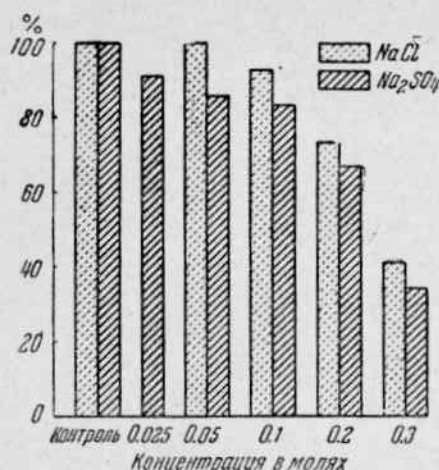


Рис. 9. Влияние NaCl и Na₂SO₄ на протеолиз (в % небелкового азота)

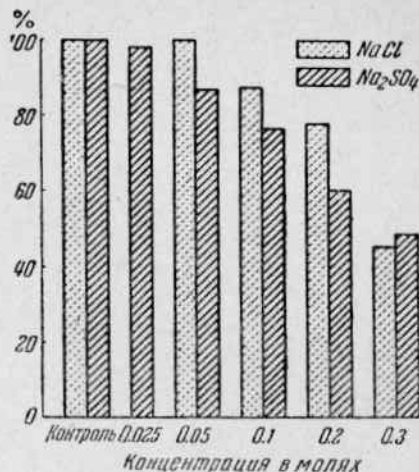


Рис. 10. Влияние NaCl и Na₂SO₄ на протеолиз (в % тирозина)

литическими ферментами также будет способствовать полному раскрытию его особенностей и установлению рациональных и легко доступных способов его инактивации при использовании зерна, пораженного клопом-черепашкой, в практике хлебопечения.

За постоянное внимание к работе и ценные советы приносим глубокую благодарность проф. А. И. Опарину.

ВЫВОДЫ

1. Из зерна, пораженного клопом-черепашкой, был выделен и очищен ферментативный препарат, обладавший всеми характерными особенностями, присущими таковому зерну. Выделение сводилось к фракционированному осаждению водных экстрактов из пораженного зерна сернокислым аммонием. Протеолитическое действие препарата учитывалось как по накоплению небелкового азота, так и по тирозину, причем между обоими этими определениями в большинстве случаев наблюдалось довольно близкое соответствие.

2. Выделенный препарат оказывал чрезвычайно сильное разжижающее действие на клейковину и тесто. Пробные выпечки также обнаружили весьма эффективное влияние препарата на расплываемость хлеба аналогично папану и муке из пораженного клопом-черепашкой зерна.

3. Влияние препарата на свойства теста из различных по силе образцов муки, как показано в опытах с альвеографом, было тем эффективнее, чем слабее была мука. На основании этого можно сделать вывод, что сильная по клейковине мука с большей легкостью сможет перенести добавление одинаковых количеств пораженного зерна, нежели мука с слабой клейковиной. Поэтому одним из практических мероприятий по борьбе с клопом-черепашкой может быть усиление культуры высококачественных сортов пшеницы, обладающих сильной клейковиной.

4. Было установлено влияние pH на активность препарата на двух субстратах — казеине и клейковине, причем оптимум его действия лежал в слабощелочной среде, около pH = 8.0, с резким падением в обе стороны от этого пункта.

5. Высушенные обычным образом препараты сохраняли свою высокую активность в течение нескольких месяцев. Хранение разбав-

ленных водных растворов препарата на холоду в течение недели сопровождалось заметным падением их активности.

6. Прогревание водных растворов препарата при повышенных температурах снижало его активность, особенно заметно в интервалах от 60 до 70°. После нагревания в кипящей воде растворы становились совершенно недейственными.

7. Препарат в значительной степени активировался цистеином и, наоборот, инактивировался перекисью водорода и броматом калия, причем вместе с увеличением концентрации последних наблюдалось соответственно и большее снижение в интенсивности протеолиза. Эти данные свидетельствуют о близости данного препарата к ферментам типа папаиназ.

8. Хлористый и сернистый натрий уже в малых концентрациях, около 0.1—0.2 моля, оказывали весьма заметное угнетающее влияние на протеолиз.

9. Полученные данные могут послужить при выработке рациональных способов для улучшения хлебопекарных качеств зерна, пораженного клопом-черепашкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Berlner E. Mühlenlaboratorium, № 1, 1, 1931; *ibid.*, № 4, 25, 1931; *ibid.*, № 13, 77, 1932.
2. Козьмина Н. П. и Маркин Г. И. Биохимия и микробиология пшеницы, изд. ВНИИЗ, вып. 13, 11, 1934.
3. Благовещенский А. А. и Соседов Н. И. Биохимия и микробиология пшеницы, изд. ВНИИЗ, вып. 13, 8, 1934.
4. Guillemet F. C. r. Acad. Sc., 203, 570, 1936.
5. Geoffroy R. Bull. d. anc. élèves de l'école franç. de meunerie, 51, 205, 1936.
6. Javillier M. et Djelatides D. Bull. soc. chim. biolog., 16, 1542, 1934.
7. Menet G. Bull. d. anc. élèves de l'école franç. de meunerie, 51, 1936.
8. Кретович В. Л. и Токарева Р. Р. Биохимия, 3, 387, 1938.
9. Кретович В. Л. и Токарева Р. Р. Биохимия, 4, 636, 1939.
10. Проскуряков Н. И. и Бундель А. А. Биохимия хлебопечения, сб. 2, 65, 1941.
11. Опищенко Е. Г. Биохимия хлебопечения, сб. 3, 1942.
12. Благовещенский А. В. Хлебопекарная промышленность, № 1, 4—5, 1939.
13. Юргенсон М. П. Биохимия, 4, 702, 1939.
14. Ауэрман Л. Я. Хлебопекарная промышленность, № 8, 1940.
15. Лоза А. И. Хлебопекарные качества муки из пшеницы, пораженной клопом-черепашкой, изд. ВНИИХ, 1939; Хлебопекарная промышленность, № 4—5, 1939; *ibid.*, № 3, 1940.
16. Гольдштейн Д., Горбачевская В. и Скловская Л. Биохимичний журн., 16, 193, 1941.
17. Горбачевская В. и Скловская О. Хлебопекарная промышленность, № 10, 1940.
18. Токарева Р. Р. Мукомолье и элев.-скл. хозяйство, № 10, 9, 1940.
19. Проскуряков Н. И. и Зезюлинский В. М. Биохимия хлебопечения, сб. 2, 169, 1941.
20. Проскуряков Н. И. и Бундель А. А. Биохимия хлебопечения, сб. 3, 1942.
21. Anson M. Journ. Gener. Physiol., 22, 79, 1938.
22. Winnick Th., Davis A. a. Greenberg D. Journ. Gener. Physiol., 23, 275, 1940.

N. PROSKURIAKOV AND E. BUCHARINA

THE CHARACTERISTICS OF THE PROTEASE SYSTEM IN GRAIN DAMAGED BY WHEAT BUGS

SUMMARY

1. From grain damaged by wheat bugs a fermentative preparation was separated and purified having all the properties inherent to such grain. The separation consisted in the fractionary precipitation of water extracts from damaged grain with ammonium sulfate. The proteolytic effect of the preparation was accounted for as well by the accumulation of the nonpro-

tein nitrogen as by the tyrosin method, between both of these determinations in most cases a very close agreement being observed.

2. The separated preparation exerted an extremely strong irritating action on the gluten in dough. The baking tests showed also a very effective action of the preparation on the spreading of bread, like that of papain and flour from grain damaged by wheat bugs.

3. The influence of the preparation on the properties of dough made with flours of different strength, according to the experiments with the alveograph, was more effective with weaker flours. On this basis one may draw the conclusion that flours with stronger gluten may easier endure an addition of equal amounts of damaged grain than flours with weak gluten. Therefore one of the practical means of struggle against the wheat bugs may consist in the cultivation of high grade wheats with strong gluten.

4. The influence of the pH on the activity of the preparation was determined on two substrates — casein and gluten — the optimal effectivity lying in the dilute alkaline medium approximately at $\text{pH}=8.0$ with a sharp decline on both sides of this point.

5. The preparations desiccated by usual way kept their high activity during some months. The storage of diluted water solutions of the preparation in cold during a week was accompanied by a marked decrease of their activity.

6. The thorough heating of the preparation solutions at high temperatures decreased its activity particularly in the intervals from 60 to 70°. After heating in boiling water the solutions became quite inactive.

7. The preparation was greatly activated by cystein, and inversely inactivated by hydrogen peroxide and potassium bromate; with the increase of the concentration of the last, a great decrease of the proteolysis strength being observed respectively. These data gave evidence about the proximity of the given preparation to the ferments of the papaine type.

8. Sodium chloride and sodium sulfate even in small concentrations, about 0.1—0.2 mol exerted a very marked depressing effect on the proteolysis.

9. The obtained results may be useful for the elaboration of rational methods for the improvement of the baking qualities of grain damaged by wheat bugs.

Е. Г. ОНИЩЕНКО

УЛУЧШЕНИЕ ПУТЕМ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ СВОЙСТВ МУКИ И ЗЕРНА, ПОРАЖЕННОГО КЛОПОМ-ЧЕРЕПАШКОЙ

(Институт биохимии Академии Наук СССР)

Результаты опытов по термической обработке зерна, пораженного клопом-черепашкой, а также муки, полученной из такого зерна, были уже частично опубликованы в предыдущем сборнике «Биохимия хлебопечения» [1].

Дальнейшие исследования и производственные испытания термической и гидротермической обработки зерна и муки подтвердили правильность разработанного нами режима. Успешно проведена нами также работа по гидротермической обработке зерна, пораженного клопом-черепашкой, с целью улучшения хлебопекарных качеств такого зерна.

Предметом настоящего сообщения является более подробное освещение процессов термической и гидротермической обработки зерна и муки.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МУКИ ИЗ ЗЕРНА, ПОРАЖЕННОГО КЛОПОМ-ЧЕРЕПАШКОЙ

Как уже было указано ранее [1], прогревание муки в производственных условиях наиболее целесообразно производить при высоких температурах, например при температуре воздуха в камере 130—150° С, в течение 10—15 минут. При этом температура муки достигает 70—77° С, т. е. той высоты, при которой, в условиях определенной влажности воздуха, наиболее быстро протекает процесс уплотнения белков и частичная инактивация ферментов. Соблюдая указанный выше температурный режим прогревания муки, мы задались целью подробнее выяснить влияние увлажнения воздуха в камере прогревания на физические свойства клейковины муки, отлежки муки после прогревания на физические свойства клейковины и термической обработки муки на выхода хлеба.

Для опытов были взяты два образца товарной муки 72% выхода из зерна, пораженного клопом-черепашкой. Клейковина муки была липкая, мажущаяся и плохо поддавалась отмыванию после длительной отлежки в тесте. Опыты производили в лабораторных условиях. Для прогревания муку насыпали слоем в 1 см на ткань, натянутую на рамку, и помещали в закрытую камеру. Увлажнения воздуха в камере

прогревания достигали путем внесения горячей воды в чашках с большой площадью испарения. Относительная влажность воздуха в камере колебалась от 68 до 78%.

Определение физических свойств клейковины производили по методу Кранца, определение хлебопекарного качества муки — по методам объективной оценки, описанным в нашей предыдущей работе [1]. Результаты опытов прогревания муки с увлажнением и без увлажнения воздуха в камере представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели объективной оценки хлебопек. качества муки	Контрольная мука не прогретая	Мука, прогретая без увлажнения воздуха в камере		Мука, прогретая с увлажнением воздуха в камере	
		130°, 15 м.	150°, 10 м.	130°, 15 м.	150°, 10 м.
% сырой клейковины	35.0	35.6	35.9	36.0	36.0
Удельная растяжимость клейковины по Кранцу (в см/мин)	сразу падает	1.6	0.7	0.8	0.5
Расплываемость шарика теста (в мм)	95.0	84.5	80	76.5	73.0
Газообразующая способность (в мл ³ CO ₂ на 100 г муки)	1340	1300	1260	1040	1000

Из приведенных данных видно, что клейковина муки, прогретой в камере с увлажненным воздухом, становилась более крепкой, эластичной и приобретала лучшую сопротивляемость растяжению. Расплываемость шарика теста из муки, прогретой в камере с увлажнением воздуха, также меньше, чем из муки, прогретой без увлажнения. Вместе с тем следует отметить падение газообразующей способности муки, прогретой в камере с увлажнением воздуха.

Значительное улучшение физических свойств клейковины и ослабление активности ферментов при прогревании муки в камере с увлажненным воздухом говорят о том, что дополнительное увлажнение оказывает благоприятное влияние на процессы, происходящие в муке при воздействии на нее тепла и что улучшение хлебопекарного качества муки путем термической обработки целесообразнее производить в условиях увлажненного воздуха.

Положительное влияние повышенной влажности муки при термической обработке ее в свое время отмечал также Кент-Джонс [2]. Максимальное улучшение хлебопекарных свойств муки, по данным Кент-Джонса, наблюдалось при прогревании в условиях высокой температуры и высокой влажности муки.

Фишер [3] совместно с Джонсоном разработал способ прогревания муки при высокой температуре в токе горячего увлажненного воздуха на быстро вращающемся диске в закрытом аппарате. При прогревании в таком аппарате мука поднималась в виде диклона и передавалась в аспирационную установку для охлаждения.

Следует отметить, что указанные выше авторы работали над мукой из нормального зерна, тогда как мы брали неполноценную муку из зерна, пораженного клоном-черепашкой. Технологический режим прогревания муки, разработанный Кент-Джонсом, а позже Фишером и Джонсоном, к сожалению, в подробностях нам не известен.

Отлежка муки после прогревания также сказывается на ее хлебопекарных качествах. В процессе нашей работы по выяснению влияния

отлежки было замечено, что качество клейковины только что прогретой муки уступало качеству клейковины из той же муки, подвергнутой кратковременной отлежке. Отлежка муки после прогревания длилась 1, 3 и 6 дней.

Результаты испытаний механических свойств клейковины по методу Кранца представлены на рис. 1.

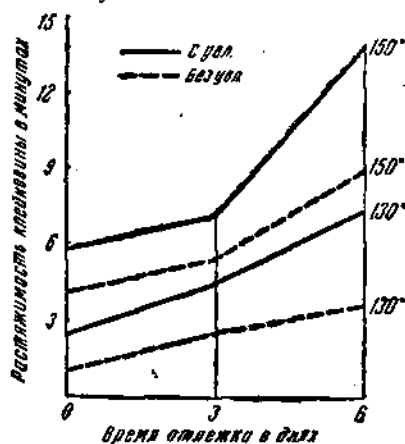


Рис. 1. Влияние отлежки муки после ферментов, чрезмерно инактивированных ее прогревания с увлажнением и безагревированием.

увлажнения воздуха в камере. Очень важно выяснить влияние термической обработки муки на припек хлеба, поскольку припеком определяется не только хлебопечкарное качество муки, но и экономический эффект от ее переработки. Как известно, на припек хлеба влияет целый ряд факторов: влажность муки, ее водопоглотительная способность, вес штуки хлеба, температура и время выпечки и, наконец, выхоженность (зрелость) теста.

В наших выпечках переменной величиной была только водопоглотительная способность муки. Остальные факторы, влияющие на припек во всех выпечках, по возможности были идентичными. Количество воды для приготовления теста брали с учетом влажности муки. Выпечки хлеба производили опарным и безопарным способом. Результаты выпечек приведены в табл. 2.

Таблица 2

Припек хлеба из муки, подвергнутой термической обработке

Наименование муки	Водопоглотительная способность муки (в %)	Припек хлеба (в %) по способам выпечки	
		опарному	безопарному
Контрольная	57	36	38.4
Прогретая при 50° в течение 20 часов	64	44.8	44.4
При 100°—30 мин.	64	43.0	47.4
» 130°—15 »	63	42.1	44.0
» 150°—10 »	65	45.0	46.7

Как видно из табл. 2, во всех случаях выпечек припек хлеба из прогретой муки больше, чем из непрогретой. Тепловое воздействие на

муку увеличивает гидратационную способность белков [1], а следовательно и водопоглотительную способность муки, что имеет большое влияние на припек хлеба.

II. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЗЕРНА, ПОРАЖЕННОГО КЛОПОМ-ЧЕРЕПАШКОЙ

Термическая обработка зерна с целью улучшения его хлебопекарного качества впервые была осуществлена по методу Кент-Джонса и Читти в 1925 г. Зерно перед кондиционированием рекомендовалось прогревать в течение 6—8 часов при температуре 60° или в течение 2 часов при 77°. Степень улучшения хлебопекарного качества зерна зависела от разновидности зерна, поэтому режим термической обработки устанавливался в каждом отдельном случае. Этот способ обработки применялся рядом мельниц, но более широкое распространение получил способ непрерывной термической обработки, также предложенный Кент-Джонсом. Способ этот заключался в том, что при односортном размоле зерна отбирали 15—25% самых низких фракций размола, которые подвергали нагреванию в определенных условиях, а затем направляли в общий поток муки.

Дальнейшие исследования показали, что термическая обработка зерна, пораженного клопом-черепашкой, дает больший эффект, чем обработка муки, главным образом благодаря тому, что зерно легко подвергнуть увлажнению, тогда как поднять влажность муки даже на 1—2% затруднительно.

Рассмотрим более подробно процесс термической обработки зерна.

1. Увлажнение зерна. Интенсивность впитывания воды зерном зависит прежде всего от температуры воды: чем выше последняя, тем быстрее протекает впитывание воды зерном. Влияет также и начальная влажность зерна: чем выше она, тем рыхлее оболочка и эндосперм и тем быстрее происходит впитывание воды. Наконец, впитывание воды зерном зависит от степени поражения зерна. Зерно, пораженное клопом-черепашкой, имеет разрыхленный эндосперм и разрушенную оболочку в области поражения, чем облегчается доступ влаги внутрь зерна. Все это следует принимать во внимание при увлажнении зерна. Найдено, например, что для увлажнения зерна до 24—26% при начальной влажности его 14—15% и поражении клопом-черепашкой на 20% требуется 1—2 минуты для замачивания при температуре воды 25—30°. При других условиях эти данные будут меняться. Режим замачивания следует устанавливать в зависимости от производственных условий.

Опыты с термической обработкой зерна, пораженного клопом-черепашкой на 20%, показали (табл. 3), что при прогревании этого зерна с влажностью до 20% физические свойства клейковины не улучшаются; при 22% влажности зерна наблюдается некоторое улучшение клейковины, но все еще не достаточное; а при влажности 24—26% клейковина становится светлой, упругой, по качеству не уступающей клейковине из нормального зерна.

При обработке зерна с влажностью до 20—22% клейковина не только плохо отмывается (особенно при низких температурах прогревания зерна), но и становится по цвету темнее. Объясняется это тем, что при нагревании белковых веществ в условиях определенной влажности происходит их частичная денатурация, и в процессе гидратации белков отщепляются особо лабильные циклические соединения, как тирозин и триптофан. При действии тирозиназы на тирозин получаются

Таблица 3

Изменение качества клейковины при прогревании зерна
в условиях различной влажности

Температура в камере при про- гревании зерна и экспозиция	Влажность зерна перед прогреванием (в %)					
	16	18	20	22	24	26
120°—10 мин. . . .	Клейковина не отмылась			Клейковины 16%, слабой, темной	Клейковины 26%, светлой и эластичной	
150°—7 »	То же	Клейковины 20%, липкой, темной		Клейковины 20%, слабой, темной	То же	
180°—4 »	Клейковины 16%, липкой, темной	То же		То же	» »	
200°—2 »		» »		» »	» »	

темноокрашенные продукты — меланины, которые и повинны в темной окраске клейковины [5].

Необходимо также отметить, что зерно, прогретое при влажности до 22%, иногда теряет признаки улучшения хлебопекарных качеств вследствие того, что, как известно из работ Баха и Опарина, ферменты, инактивированные нагреванием, через определенное время регенерируют [6].

Явление потемнения клейковины и кратковременность улучшения хлебопекарных качеств зерна при прогревании его с влажностью до 22% ставит перед необходимостью производить термическую обработку в условиях высокой влажности зерна. Опыты показали, что лучший результат дает прогревание при влажности зерна 24—26%.

2. Отлежка зерна. Для более равномерного распределения влаги зерно после замачивания следует подвергать кратковременной отлежке. Отлежка зерна должна длиться не менее 30 минут, в зависимости от характера зерна. Готовность зерна следует определять органолептически. Время отлежки зерна может быть сокращено до 10—15 минут, если его прогревание производится в закрытом аппарате, т. е. без свободного испарения влаги на поверхности зерна.

3. Прогревание зерна. Прогревание является основной операцией термической обработки зерна. Мы уже указывали, что прогревание зерна можно производить при различной температуре воздуха в камере и различной экспозиции, лишь бы только температура зерна к концу прогревания достигала 58—65°. Клейковина получается лучшей при нагревании зерна до температуры 60—62°. Дальнейшее повышение температуры зерна дает короткую и рвущуюся клейковину, что свидетельствует о частичной денатурации белков. Нагревание зерна ниже 60° в большинстве случаев дает клейковину слабую, причем каких-либо заметных изменений в ее исходных качествах не наблюдается.

4. Всушивание зерна. Всушиванием зерна после прогревания преследуется цель отнять излишнюю влагу, полученную зерном в процессе замачивания. Значительное количество влаги зерно теряет при прогревании, если оно производится в камере при свободном испарении влаги. Снижение влажности зерна при прогревании, как видно из рис. 2, зависит от длительности и температуры нагрева зерна; но

так как процесс прогревания очень кратковременный, то влага испаряется главным образом с поверхности зерна; отнятие остальной влаги производится путем высушивания зерна до кондиционной влажности. Мы производили высушивание зерна следующим образом: после соответствующего прогревания зерно охлаждали до 25—30° и помещали в камеру для высушивания. Длительность высушивания зависела от температуры воздуха в камере и, следовательно, от температуры зерна (рис. 3).

Следует, однако, отметить, что температура зерна при высушивании не должна превышать

45—50°, так как дальнейшее повышение температуры при длительном высушивании может привести к коагуляции белков. Зерно с повышенной влажностью особенно чувствительно к температуре и может легко подвергнуться перегреванию. Поэтому высушивание зерна нужно производить очень тщательно и осторожно.

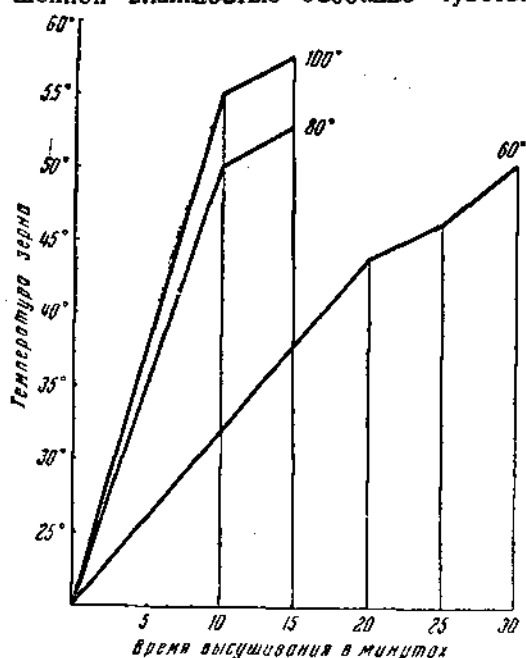


Рис. 3. Температура зерна при высушивании

колебалась от 45 до 80°). Зерно, пропущенное через аппельт, в общей массе оказалось перегретым, и клейковина муки из такого зерна не отмывалась; однако при подсортировке его к нормальному

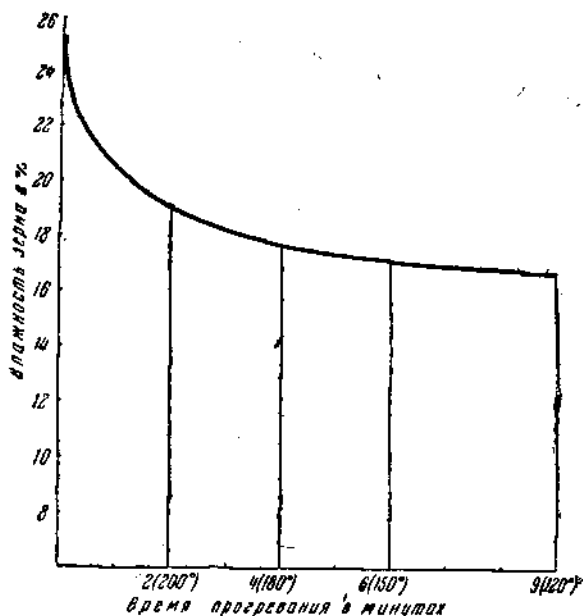


Рис. 2. Падение влажности зерна при прогревании

Производственное испытание термической обработки зерна, пораженного клопом-черепашкой, производилось на аппарате «аппельт» на мельзаводе № 1 в г. Калинин. Аппельт, как известно, предназначен для предварительного подогрева зерна перед мойкой и применяется в Сибири и на Севере, где зерно поступает на производство с температурой ниже нуля. Для испытания было взято зерно, пораженное клопом-черепашкой на 50—55%. Этот аппарат оказался не вполне пригодным для прогревания увлажненного зерна, так как зерно в аппарате задерживалось и неравномерно нагревалось (температура зерна

зерну в количестве от 30 до 60% клейковина получилась вполне доброкачественной. Обработанная в аппарате партия зерна поступила на производство в подсортировку к нормальному зерну в количестве 30—35%, причем мука получилась доброкачественной и отвечающей всем требованиям стандарта.

Испытания, таким образом, показали, что термическая обработка зерна в условиях производства осуществима, но для этого требуется конструирование соответствующей аппаратуры, обеспечивающей равномерное прогревание увлажненного зерна.

III. ГИДРОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЗЕРНА, ПОРАЖЕННОГО КЛОПОМ-ЧЕРЕПАШКОЙ

Улучшение хлебопекарного качества зерна, пораженного клопом-черепашкой, может быть достигнуто также путем прогревания зерна в горячей воде.

Гидротермическая обработка зерна имеет ряд преимуществ перед термической. Эти преимущества заключаются в том, что сокращается время обработки зерна, обеспечивается безусловная равномерность его прогревания и, наконец, сокращается количество операций обработки, так как отпадают замачивание и отлежка зерна.

Гидротермическая обработка зерна состоит из двух операций: прогревания зерна в горячей воде и высушивания его до кондиционной влажности. Прогревание зерна осуществляется в горячей воде при температуре 95—85° в течение 1—2 минут.

Недостатком этого способа является чрезмерное увлажнение зерна, требующее впоследствии более длительного высушивания. Степень увлажнения зерна при нагревании его в горячей воде, так же как и при замачивании в процессе термической обработки, зависит главным образом от степени пораженности зерна клопом-черепашкой и от температуры воды (табл. 4).

Таблица 4

Влажность зерна в % после гидротермической обработки

Степень пораженности зерна (в %)	Прогревание в течение 2 мин.		
	95°	90°	85°
100	39.4	34.6	32.4
10	27.3	25.7	24.7

Большое влияние на увлажненность зерна, как видно из таблицы, оказывает процентное содержание зерна, пораженного клопом-черепашкой, в общей массе зерна. Зерно, пораженное на 100%, увлажняется на 12—8% больше (в зависимости от температуры воды), чем зерно, пораженное на 10%. Время пребывания в воде зерна незначительно повышает его влажность.

После прогревания зерно охлаждают и подвергают высушиванию, но в течение более длительного времени, чем при термической обработке зерна.

Производственное испытание гидротермической обработки зерна было проведено на мельзаводе № 1 в г. Калинин. Для обработки зерна была взята пшеница, пораженная клопом-черепашкой на 50—55%. Опыты проводили на специально смонтированной установке, которая представляла собой тихоходный шнек (с 10 оборотами в минуту), наглухо заключенный в коробку. С одной стороны такого шнека поступало зерно и одновременно с ним горячая вода; с другой стороны было выпускное отверстие, через которое зерно вместе с отходящей водой поступало в мойку Грейт-Вестерна для отжатия воды,

причем мойка выполняла роль отжимной колонки. Зерно после такой обработки направлялось по самотекам и самотаскам в закрома, откуда после охлаждения до температуры 30—35° направлялось для высушивания.

Высушивание зерна производилось на сушилке ВИСХМ. Температура воздуха в сушилке в начале высушивания не поднималась выше 100° и только к концу процесса высушивания доходила до 110°.

Из обработанного таким способом зерна клейковина свободно отмывалась в количестве 15%, хотя и была несколько слабой и серой. Многократные испытания показали, что обработанное зерно могло быть подсортировано к нормальному зерну в любом количестве. Клейковина во всех случаях подсортировки получалась вполне доброкачественной, светлой и эластичной, тогда как подсортировка 5% этого зерна, не подвергнутого обработке, уже заметно отражалась на качестве клейковины, а при подсортировке свыше 10% клейковина совершенно не поддавалась отмыванию.

В размол обработанное зерно поступило в подсортировку к нормальному зерну в количестве 70—75%, и, следовательно, в общей смеси было около 40% зерна, пораженного клопом-черепашкой. Мука получилась (при трехсортном помоле) вполне доброкачественной, отвечающей всем требованиям стандарта. Анализ муки по объективным методам оценки, а также и некоторым биохимическим показателям представлен в табл. 5.

Как видно из табл. 5, мука 72% выхода контрольного образца резко отличается от муки 1-го сорта, полученной из зерна, подвергнутого гидротермической обработке, по всем показателям объективной оценки хлебопекарного качества муки.

Таблица 5

Показатели	Условия опыта	Контрольный образец 72% выхода ¹	Мука из зерна, подвергнутого гидротермической обработке, по сортам		
			высший	1-й	2-й
% сырой клейковины	Не отмывалась		35.6	40.5	36.8
Расплавляемость шарика теста (в мм) . . .	107		85	87	78.0
Газообразующая способность (мл CO ₂ на 100 г муки)	1040		740	890	970
Водопоглощательная способность муки (в %)	54		62	64	62.8
<i>h/d</i> хлеба	0.22		0.42	0.38	0.36
Объемный выход хлеба из 100 г муки . . .	344		381	380	330
Припек хлеба (в %)	32		39	38	39
Общий азот (в %)	2.37		2.44	2.63	2.47
Азот, не осаждаемый CCl ₃ COOH (в мг на 10 г муки)	24.6		15.1	16.5	18.7
Диастатическая активность (в мг мальтозы на 10 г муки)	220		155	135	150
Активность каталазы (в мл 0.1N KMnO ₄) .	2.7		1.45	1.3	2.4

Результаты выпечки хлеба представлены на рис. 4 и 4а. По своим качественным показателям хлеб имеет заметные различия: если *h/d* (отношение высоты к диаметру) хлеба из муки контрольного образца составляет 0.22, то в хлебе, полученном из муки 1-го сорта, это отношение равняется 0.38; значительная разница наблюдается и в объемном

¹ Контрольный образец зерна, не подвергнутого термической обработке, был размолот в 72% муку на лабораторной мельнице ВНИИЗ.

выходе хлеба из 100 г муки. Припек хлеба из муки 1-го сорта больше, чем из муки контрольного образца, в среднем на 6%.

Таким образом, все эти показатели еще раз подчеркивают, что гидротермическая обработка безусловно улучшает хлебопекарное качество зерна, пораженного клопом-черепашкой. Мука, полученная из такого

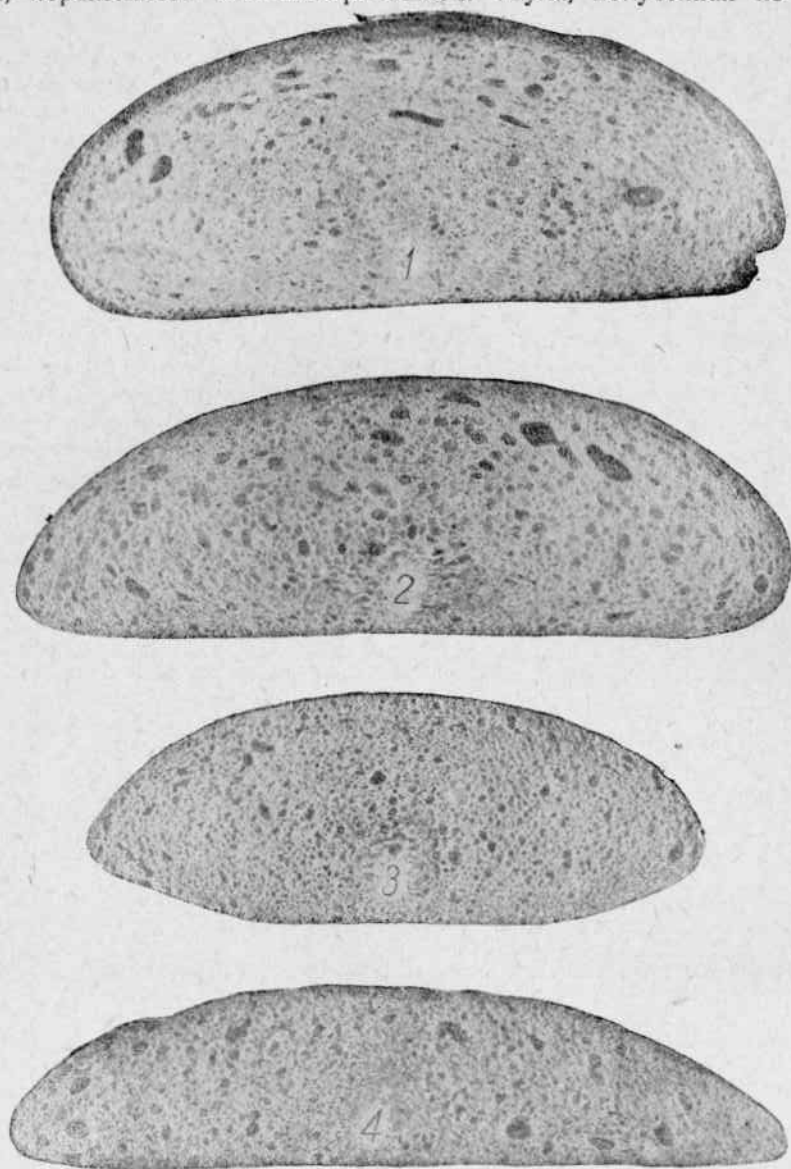


Рис. 4. Фотографии хлебов:

1 — хлеб из муки высшего сорта; 2 — хлеб из муки 1-го сорта 72% выхода; 3 — хлеб из муки 2-го сорта; 4 — хлеб из муки контрольной 72% выхода (зерно не подвергнуто термической обработке)

зерна (при подсортировке к нему 20—25% нормального зерна), вполне доброкачественна и по своим свойствам не уступает муке только из нормального зерна.

Разработанный нами технологический режим гидротермической обработки зерна, как показали испытания, вполне осуществим в производственных условиях.

Термическая и гидротермическая обработка не только улучшает хлебопекарные свойства зерна, пораженного клопом-черепашкой, но и увеличивает припек хлеба (рис. 5). Последний, как видно из графика, увеличивается от 8 до 15%.

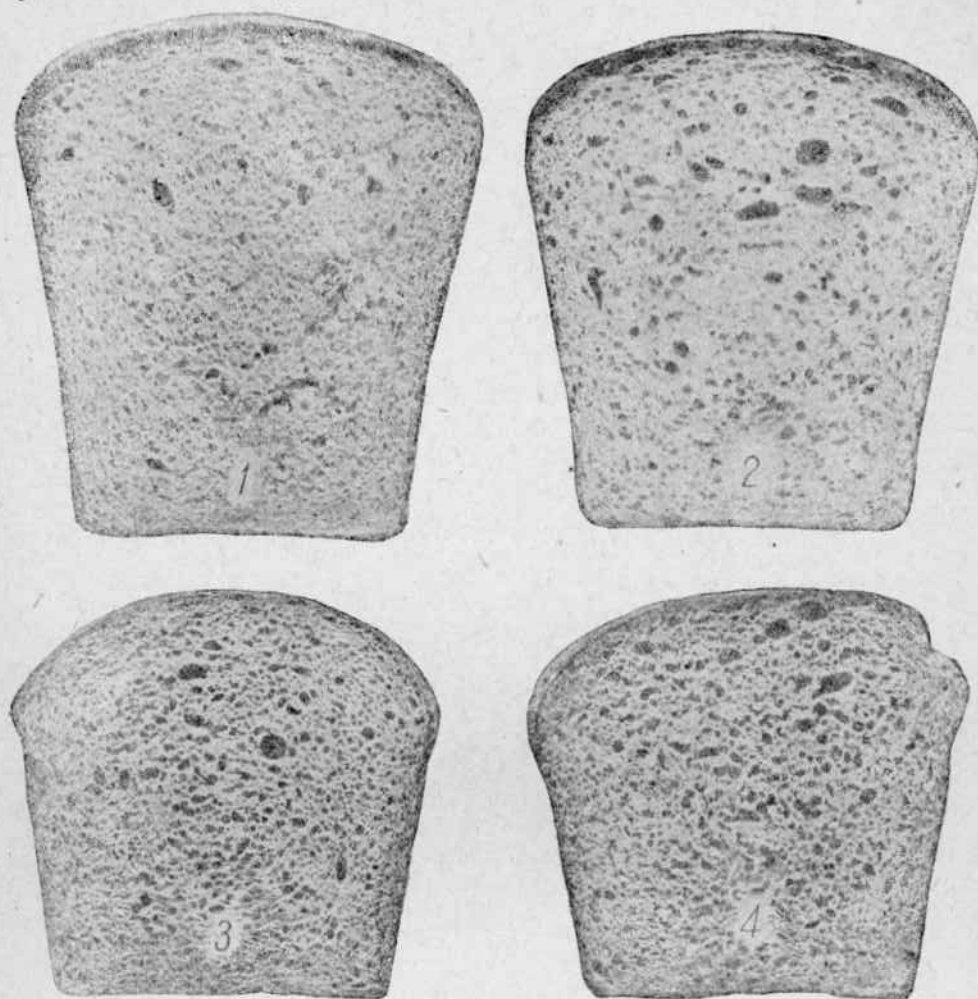


Рис. 4а Фотографии хлебов:

1 — хлеб из муки высшего сорта; 2 — хлеб из муки 1-го сорта 72 % выхода; 3 — хлеб из муки 2-го сорта; 4 — хлеб из муки контрольной 72 % выхода (зерно не подвергнуто термической обработке)

Улучшение хлебопекарного качества зерна, пораженного клопом-черепашкой, и увеличение припека хлеба делают весьма актуальным внедрение термической и гидротермической обработки зерна в производство.

IV. БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЗЕРНЕ И МУКЕ ПРИ ТЕПЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Как известно, зерно, пораженное клопом-черепашкой, обладает чрезвычайно слабыми белками, легко подверженными ферментативному гидролизу [7], и повышенной активностью протеолитических ферментов [8]. Тепловое воздействие на такое зерно или муку, полученную из

него, частично инактивирует ферменты, уплотняет белковые вещества и тем самым улучшает хлебопекарные качества муки.

Однако обычные способы оценки хлебопекарных свойств лишь суммарно отображают биохимические процессы, протекающие в тесте и

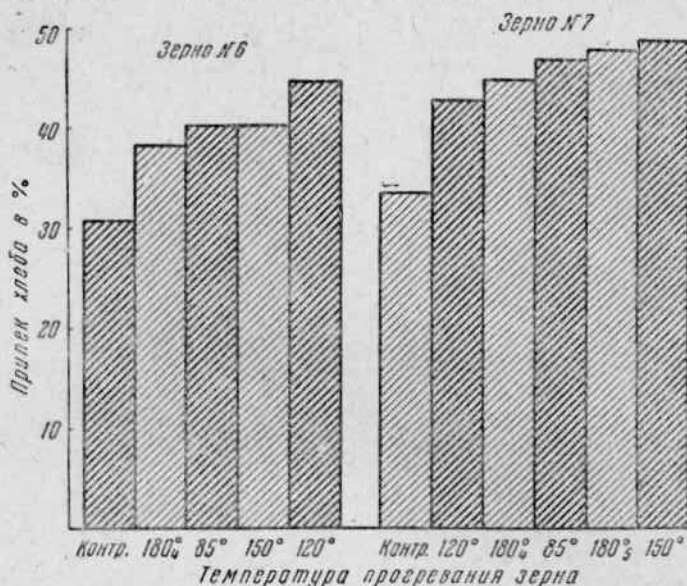


Рис. 5. Влияние термической обработки на прирост хлеба

зависящие как от активности ферментов и наличия их активаторов, так и от доступности субстрата; поэтому нами были проведены опыты с применением дифференцированных методов определения.

Определение активности протеолитических ферментов мы производили по азоту, не осаждаемому 2% трихлоруксусной кислотой. Результаты анализированы представлены на рис. 6.

Как видно из графика, активность протеиназ муки, полученной из зерна, подвергнутого термической обработке, резко падает. Если в му-

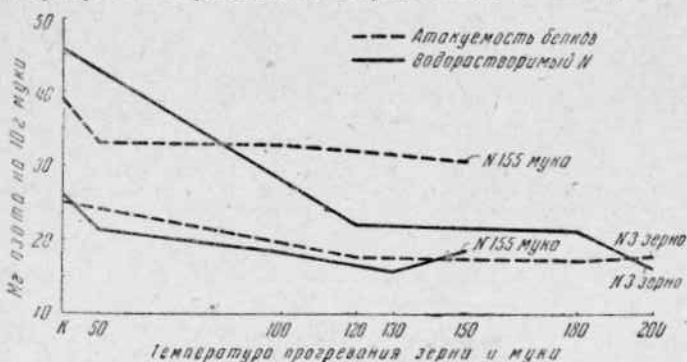


Рис. 6. Влияние термической обработки на протеазно-белковый комплекс

ке контрольного образца, не подвергнутого термической обработке, содержание небелкового азота составляет 46 мг на 10 г муки, то в муке из зерна, подвергнутого термической обработке, содержание его снизилось до 16 мг.

В случае термической обработки непосредственно самой муки активность ее протеиназ также падает, но не так резко. Объясняется это, по-видимому, тем, что мука прогревается при меньшей влажности, чем зерно.

Одновременно с падением активности протеиназ муки падает и доступность субстрата, или атакуемость белков. Последняя определялась по методу, разработанному Проскуряковым и Бундель [7], и выражена в количественном содержании азота, не осаждаемого 2% трихлоруксусной кислотой после 4-часового протеолиза. Результаты определений представлены на том же графике (рис. 6).

Приведенные данные подтверждают положение, высказанное нами ранее, о том, что при тепловом воздействии на зерно или муку уплотняются белковые вещества, вследствие чего они становятся более устойчивыми к действию ферментов.

Диастатическая активность определялась по методу Рамзей. Данные анализа представлены на рис. 7.

Как видно из графика (рис. 7), во всех образцах муки, полученной из прогретого зерна, диастатическая активность выражена значительно слабее, чем в муке из зерна, не подвергнутого термической обработке. Падение активности составляет от 10 до 28% по отношению к диастатической активности в муке контрольного образца.

При прогревании муки иногда наблюдалось возрастание диастатической активности, так как при этом может возрастать доступность крахмала ферментативному воздействию (табл. 6).

Определение амилалитической активности водных вытяжек из образцов муки, подвергнутой прогреванию, на инактивированной кипящим спиртом муке показало, что ферментативное действие заметно ослаблено.

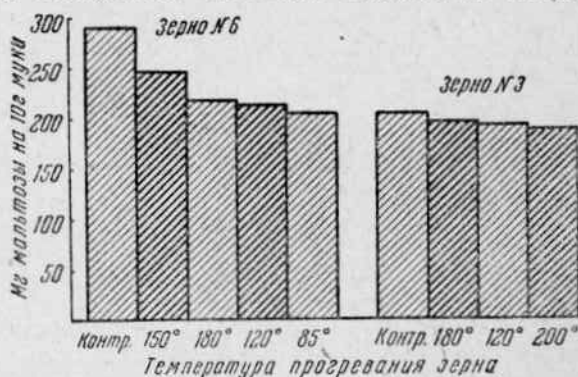


Рис. 7. Влияние термической обработки на диастатическую активность

Таблица 6
Влияние термической обработки на диастатическую активность

Наименование муки	Диастатическая активность (в мг мальтозы на 10 г муки)	Диастатическая активность инактивированной муки (в мг мальтозы на 10 г муки)
Контрольная	214	239
Прогретая при 100°	242	215
» » 130°	247	215
» » 150°	247	220

Наиболее чувствительна к тепловому воздействию каталаза. Определения активности каталазы по методу Баха и Опарина показали, что каталаза в муке, подвергнутой термической обработке, почти совершенно инактивируется (рис. 8), что объясняется более длительным нагреванием муки при высокой температуре.

Активность каталазы в муке, полученной из зерна, подвергнутого термической обработке, падает, примерно, в два раза и более.

Падение диастатической активности и активности каталазы при нагревании муки в условиях высокой температуры было отмечено еще

Гердом в 1931 г. [9]. На чувствительность каталазы к тепловому воздействию при высушивании зерна имеются также указания в статье Кретовича и Рязанцевой (цит. по работе Тарутина [10]).

Падение активности протеолитических и амилолитических ферментов, а также и каталазы свидетельствует о том, что тепловое воздействие на муку или зерно ослабляет активность всего ферментативного комплекса.

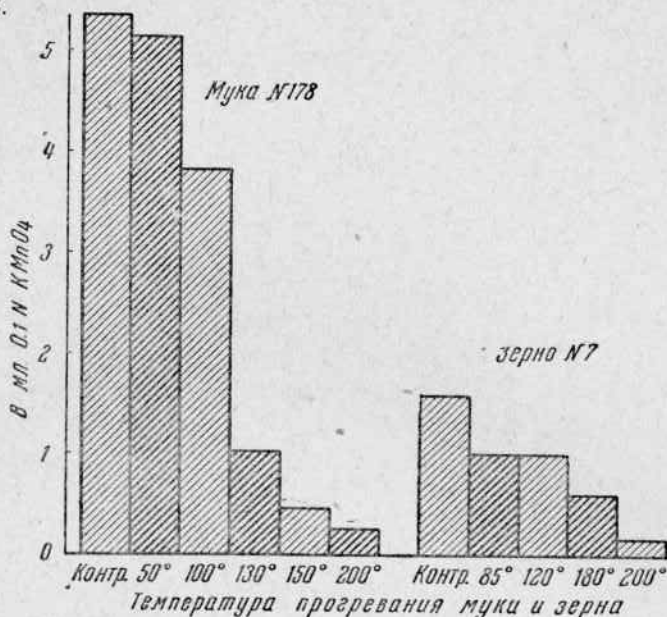


Рис. 8. Влияние термической обработки на активность каталазы

ВЫВОДЫ

1. Воздействие тепла на муку или зерно в условиях определенной влажности и температуры ослабляет деятельность протеолитических и амилолитических ферментов и укрепляет белковые вещества муки, благодаря чему и улучшаются хлебопекарные качества муки в целом.

2. Термическая обработка увлажненного зерна, пораженного клопом-черепашкой, дает значительно больший эффект в смысле улучшения хлебопекарных качеств, чем термическая обработка муки, вследствие того, что зерно легко можно подвергнуть увлажнению, тогда как поднять влажность муки весьма затруднительно.

3. Термическую обработку зерна, пораженного клопом-черепашкой, необходимо производить при дополнительном увлажнении до 24—26%. При пониженной влажности зерна клейковина получается темная, и после отлежки такое зерно теряет иногда качественные признаки улучшения физических свойств клейковины.

4. Термическую обработку зерна, пораженного клопом-черепашкой, можно осуществлять при разной температуре воздуха в камере: при 120° в течение 9—10 мин., 150° 6—7 мин., 180° 4—5 мин. и при 200° в течение 1—2 мин. Температура зерна при этом достигает 58—65°.

5. Улучшение хлебопекарных свойств зерна, пораженного клопом-черепашкой, может быть достигнуто с одинаковым эффектом способом гидротермической обработки зерна, при которой прогревание зерна производится в горячей воде при температуре 95—85° в течение 2—3 минут.

6. Термическую обработку муки из зерна, пораженного клопом-черепашкой, лучше производить в камере с увлажненным воздухом, так

как при этом условии физические свойства клейковины улучшаются более значительно, чем в камере без увлажнения воздуха.

7. Кратковременная отлежка муки после прогревания улучшает физические свойства клейковины и хлебопекарные качества муки в целом.

8. Термическая обработка муки, а также термическая и гидротермическая обработка зерна не только улучшают хлебопекарные качества, но в значительной мере увеличивают водопоглотительную способность муки и припек хлеба и представляют, следовательно, для народного хозяйства страны большой экономический интерес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Опищенко Е. Г. Биохимия хлебопечения, сб. 2, 1941.
2. Kent-Jones, D. Modern Cer. Chem., 1927.
3. Фишер Е. Качество муки. Госторгиздат, 1937.
4. Опалар. Биохимия, 2, 82, 1937.
5. Островский А. И. и Древалъ З. И. Биохимия, 1, 1936.
6. Бах А. Н. и Опарин А. И. Сб. избр. трудов, 1937.
7. Проскуряков Н. И. и Бундель А. А. Биохимия хлебопечения, сб. 2, 1941.
8. Кретонович В. Л. и Токарева Р. Р. Биохимия, 4, 636, 1939.
9. Herd C. Cer. Chem., 8, 1, 1931.
10. Тарутин П. П. Научно-экспериментальные исследования по испытанию пшениц ВНИИЗ, 1936.

E. ONISHCHENKO

THE IMPROVEMENT OF THE PROPERTIES OF FLOUR AND GRAIN DAMAGED BY WHEAT BUGS BY MEANS OF HEAT TREATMENT

S U M M A R Y

1. Heat treatment of flour and grain in the conditions of definite humidity and temperature decreases the activity of the proteolytic and amylolytic ferments, fortifies the protein substances of flour and results in a general improvement of the baking qualities of flour.

2. Heat treatment of humidified grain, damaged by wheat bugs gives a considerably greater effect in the sense of improvement of the baking qualities, than the heat treatment of flour, because the grain may be easier moistened whereas to increase the moisture content in flour is very difficult.

3. Heat treatment of grain damaged by wheat bugs must be produced with an additional humidifying to 24—26%. The gluten from grain with lowered moisture content has a dark colour and after storage loses sometimes its quality indexes of the physical improvement of the gluten properties.

4. Heat treatment of grain damaged by wheat bugs may be accomplished at different temperatures of the air in a cabinet at 120° during 9—10 min., at 150° during 6—7 min., at 180° during 4—5 min., and at 200° during 1—2 min. The temperature of the grain in such conditions reaches 58—65° respectively.

5. The improvement of the properties of grain damaged by wheat bugs may be obtained with the same effect by the hydrothermic method of grain treatment, when the heating of grain is produced in hot water at a temperature of 95—85° during 2—3 min.

6. Heat treatment of flour and grain damaged by wheat bugs may be accomplished with great success in a cabinet with humidified air, because in such conditions the physical properties of the gluten show a greater improvement as without humidifying of the air.

7. A short storage period of the flour after heating improves the physical properties of the gluten and the baking qualities of the flour.

8. Heat treatment of flour and also the thermic and hydrothermic treatment of grain not only improves the baking qualities, but increases considerably the water absorption of flour and the yield after baking and consequently represents a great advantage for the home-economy of the country.

Н. И. ПРОСКУРЯКОВ и Р. И. ГРИНБЕРГ

**БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ХЛЕБЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ
КАРТОФЕЛЬНОЙ БОЛЕЗНИ**

(Всесоюзный научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности)

При изучении заболевания муки и хлеба под влиянием *Bacillus mesentericus* преимущественно занимались определением числа спорозоносных бактерий путем высевов и подсчета колоний и с помощью других чисто микробиологических приемов. Трудности такого подхода к изучению распространенности *Bac. mesentericus* заключаются в том, что нельзя быть уверенным в установлении наличия какой-либо определенной зависимости между количеством спорозоносных форм в муке и интенсивностью заболевания хлеба. Как известно из целого ряда работ, споры картофельной палочки почти всегда содержатся в муке в различных количествах. Так, по последним данным Мирзоевой [1], все обследованные ею многочисленные образцы пшеничной муки содержали заметное количество спорозоносных бактерий. Из общего числа таких бактерий на долю *Bac. mesentericus* обычно приходилось от 75 до 95%.

В то же время биохимические методы, основанные на учете изменений субстрата под влиянием жизнедеятельности специфических бактерий и находившие лишь ограниченное применение, могут, по всей вероятности, оказаться весьма полезными для установления зараженности муки и хлеба данными бактериями.

Из единичных попыток, сделанных в этом направлении, следует указать на работы Брама [2], Ллойда, Кларка и Мак-Кри [3] и Кюля [4], учитывавших по биуретовой реакции интенсивность распада белков в муке и хлебе под влиянием бактерий из группы картофельной палочки. Недавно Проскуряков и Ратнер [5] сделали попытку ранней диагностики заболевания хлеба, основанной на применении иодной и биуретовой проб. Однако обе эти реакции — пока лишь чисто качественные и требуют дальнейшей методической разработки.

В хлебе, заболевшем картофельной болезнью, легко обнаружить каталазу, и поэтому каталазная проба также применялась некоторыми американскими исследователями [6] для объективного установления как самого факта заболевания, так и в некоторой мере его интенсивности.

Бактерии из группы картофельной палочки содержат и другие ферменты, например липазу, инвертазу, тирозиназу и пектиназу. Однако наиболее существенными по своему действию следует считать амилолитические и протеолитические ферменты, выделяемые *Bac. mesentericus* в окружающую среду, результатом чего и являются вышеупомянутые резкие изменения в химическом составе хлебного мякиша.

Активность и накопление некоторых ферментов при культивирова-

нии *Bac. mesentericus* в различных условиях и на различных средах испытывались рядом исследователей. Так, Фирдман [7] указал оптимальные условия температуры и pH при изучении действия амилазы и протеазы, выделяемых *Bac. mesentericus vulgatus*. Попова и Пучкова [8] описали способы выращивания *Bac. mesentericus* для получения бактериальной амилазы в виде стойкого ферментативного препарата, могущего применяться в различных отраслях промышленности. Проскуряков и Добина [9] показали, что при выращивании *Bac. mesentericus* на жидких средах уже в первый день наблюдалась довольно высокая и легко обнаруживаемая активность амилазы, протеазы и каталазы, — причем резко различная в зависимости от состава питательной среды.

В данной статье излагаются преимущественно результаты исследований по изменениям в мякише хлеба под влиянием амилалитической системы бактерий, вызывающих типичные явления его заболевания картофельной болезнью.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

1. Модельные опыты с бактериальным препаратом типа рапидазы

Прежде чем приступить к определению биохимических изменений в хлебе из зараженной муки, существенно было проследить, происходят ли аналогичные изменения при искусственном прибавлении к хлебному мякишу бактериальных препаратов типа рапидазы. Как известно, в большинстве случаев подобные препараты представляют собой сложную смесь ферментов, выделенных *Bac. mesentericus* или *Bac. subtilis* при их выращивании на соответствующих жидких средах.

В настоящей работе были применены сухие препараты, полученные при обработке спиртом отфильтрованных и сгущенных питательных сред, обогащенных внеклеточными ферментами, которые выделялись *Bac. mesentericus* при выращивании на картофельном отваре с пептоном. Способы получения таких ферментативных препаратов описаны в работах Буаден [10], Пено [11], Валлерштейна [12], а также Поповой и Пучковой [8].

Получаемые таким образом препараты содержат, естественно, целый ряд бактериальных ферментов, среди которых постоянно присутствует также весьма активная α -амилаза.

В описанных ниже опытах применялся препарат, полученный тем же путем, что и в цитированной работе Поповой и Пучковой.

Опыты с сухими ферментативными препаратами проводились на свежем, увлажненном хлебном мякише в различных условиях температуры, времени воздействия и реакции среды. Показателями действия препаратов были суммарное количество воднорастворимых веществ и количество непосредственно восстанавливающих сахаров и углеводов, принадлежащих к группе декстринов. Постановка данных опытов сводилась к следующему.

К 5 г измельченного хлебного мякиша прибавляли по 10 мл воды и 2 мг ферментного препарата; одновременно ставили и контроль, но без добавления препарата. Содержимое обеих колб подвергали нагреванию в течение различных сроков, после чего производили вышеупомянутые определения. С этой целью после быстрого охлаждения содержимое колб тщательно растирали в ступке с водой, доводили до 100 мл и отфильтровывали. В определенной части фильтрата определяли содержание сухих веществ путем высушивания до постоянного веса; в фильтрате, после его обработки реактивом Барнштейна, определяли непосредственно восстанавливающие сахара и углеводы группы декстринов после 3-часового гидролиза с 2% HCl.

Вначале было испытано выдерживание мякиша с ферментативным препаратом при 37° в течение 24 часов в присутствии толуола, причем оказалось, что каких-либо отчетливых изменений не происходило.

Таблица 1

Биохимические изменения в мякише хлеба под влиянием бактериального препарата при различных температурах и продолжительности воздействия

Температура (в °C)	Длительность опытов	% воднораств. веществ		% непосред. восстановл. сахаров		% декстринов	
		опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль
60	15 мин.	11.90	11.19	1.75	2.07	4.06	3.48
60	30 »	12.83	11.13	1.92	1.84	4.59	3.65
60	1 час	14.79	12.20	2.42	1.66	5.79	3.87
60	2 часа	15.08	11.74	2.50	2.41	6.52	4.11
60	3 »	15.75	12.11	2.50	2.35	7.54	4.74
70	15 мин.	14.25	10.54	1.75	1.64	4.74	3.54
70	30 »	17.12	10.87	2.00	1.79	8.66	3.41
70	1 час	24.15	10.94	2.34	1.60	13.09	3.62
70	2 часа	27.76	11.64	2.61	2.04	21.56	5.07
70	3 »	28.48	11.19	2.54	1.78	21.86	4.85
80	15 мин.	28.16	12.15	2.37	1.96	16.86	2.12
80	30 »	31.96	—	2.45	—	21.76	—
80	1 час	39.35	12.93	2.53	1.74	27.65	4.81
80	2 часа	—	11.12	—	1.75	—	4.57
80	3 »	40.51	12.23	3.27	1.79	31.52	4.73

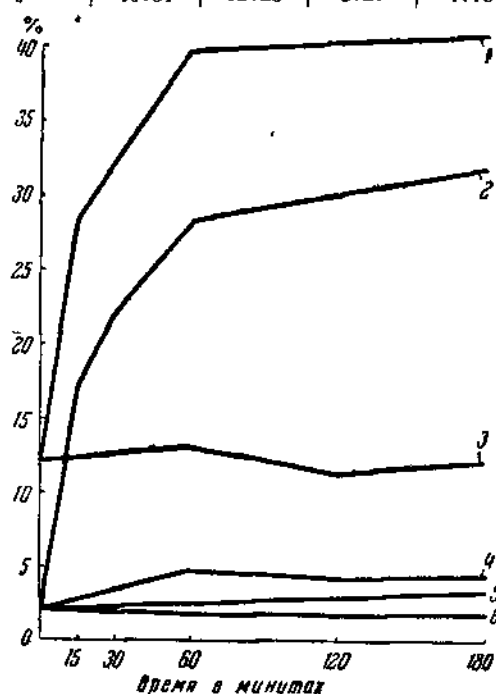


Рис. 1. Действие бактериальной амилазы на хлебный мякиш при 80°

1 — воднорастворимые вещества — опыт; 2 — декстрины — опыт; 3 — воднорастворимые вещества — контроль; 4 — декстрины — контроль; 5 — сахара — опыт; 6 — сахара — контроль

Опыты же при высоких температурах обнаруживали чрезвычайно резкое возрастание как суммарного количества воднорастворимых веществ, так и углеводов группы декстринов. Данные этих опытов приведены

в табл. 1 и на рис. 1, 2 и 3, из которых видно, что при часовом выдерживании при 60° наблюдался, по сравнению с контролем, уже определенный, хотя и небольшой, прирост по обоим показателям. При 70° этот прирост значительно увеличивался и, наконец, доходил до максимума при 80° , после чего начинал снижаться. Так, аналогичные опыты при 90° дали уже заметную убыль в содержании воднорастворимых веществ.

Сравнение представленных данных обнаруживает, что ход кривых по приросту воднорастворимых веществ почти полностью совпадает с направлением кривых по приросту углеводов группы декстринов. Интенсивность таких изменений с наибольшей яркостью проявляется в течение первых 15 минут, несколько ослабевая в дальнейшем, особенно за второй и третий часы.

Таким образом, этими опытами был установлен температурный оптимум действия бактериальной амилазы, лежащий в пределах около 80° , что полностью совпадало с результатами Фирдмана. Данный оптимум температуры является, повидимому, одним из наиболее высоких из всех оптимумов, установленных для различных амилаз животного и растительного происхождения.

Кроме того, было обнаружено, что наиболее четким показателем, характеризующим чрезвычайно энергичную работу данного ферментативного препарата, было резкое накопление декстринов, что свидетельствовало о наличии в нем весьма активной α -амилазы. Далее, существенным следует признать и близкий параллелизм между содержанием декстринов и суммарным количеством воднорастворимых веществ, что позволяет заменить громоздкое определение углеводов чрезвычайно простым способом учета воднорастворимых веществ.

Испытание влияния реакций среды в пределах pH от 5.17 до 7.17 показало, что за одночасовой период действия препарата на хлебный мякиш наибольшее количество воднорастворимых веществ накапливалось при нейтральной реакции, около pH=7.0.

Проведенные опыты с ферментативным препаратом показали, следовательно, что, создавая условия температуры и pH среды, наиболее благоприятствующие действию бактериальной амилазы, можно вызвать резкое усиление амилолиза, проявляющееся в значительном расщеплении крахмала с переводом его в растворимое состояние.

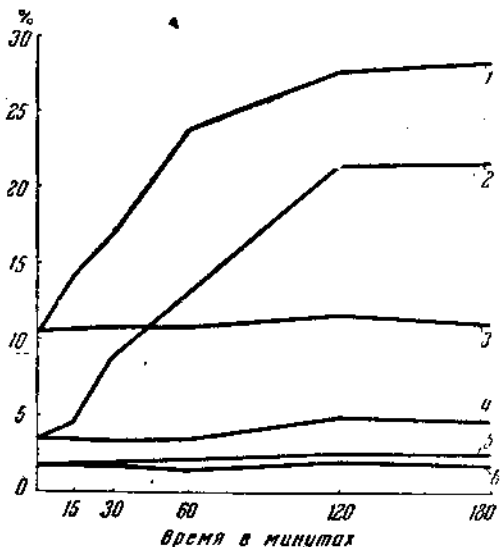


Рис. 2. Действие бактериальной амилазы на хлебный мякиш при 70° (обозначения те же, что и на рис. 1)

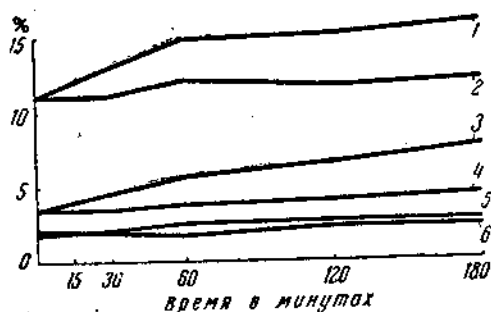


Рис. 3. Действие бактериальной амилазы на хлебный мякиш при 60° (обозначения те же, что и на рис. 1).

Полученные данные были положены в основу разработанного нами в дальнейшем метода, послужившего для объективной оценки степени заболевания хлеба, вызываемого бактериями группы *mesentericus*.

2. Изменения в хлебе при его заболевании картофельной болезнью

Следующим этапом в работе было изучение биохимических изменений, касающихся преимущественно углеводного комплекса и происходящих в хлебе, зараженном картофельной болезнью.

С этой целью было отобрано шесть образцов пшеничной муки, из которых три 72% и три 85% выхода, дававших типичную картину заболевания хлеба при стандартном испытании. Из них два образца муки были подвергнуты дополнительно искусственному заражению одним из активных штаммов *Bac. mesentericus*. Взятые образцы представляли собой обычную товарную муку с диастатической активностью от 167.5 до 339 единиц по Рамзей и с 28.34—37.5% сырой клейковины. Выпечку производили безопарным способом, причем из готового теста всегда выпекали 5—6 хлебов. Через час после выпечки брали пробу на анализ из одного хлеба, а остальные выдерживали при 37° согласно инструкции НКПП. Через определенные промежутки времени хлеба вынимали из термостата и производили их органолептическую оценку и анализ по следующим показателям: влажность, воднорастворимые вещества, непосредственно восстанавливающие сахара, углеводы после 3-часового гидролиза, активность каталазы и pH. От учета сахарозы пришлось отказаться, так как предварительно проведенные определения показали, что сахароза, определяемая, как обычно, после 5-минутного гидролиза, в процессе брожения исчезает, частично сбраживаясь, а частично инвертируясь дрожжами.

Кроме того, было произведено несколько выпечек с добавлением к муке различных количеств хлеба, зараженного *Bac. mesentericus*. Эти хлеба выдерживали при 37° и в них производили определение суммарного количества воднорастворимых веществ. Наконец, были произведены выпечки из сильно зараженной муки с добавлением молочной кислоты с целью установления влияния последней на качество хлеба и изменений в нем в процессе хранения.

Методика исследований. Воднорастворимые вещества до аутолиза определялись следующим образом. 10 г хлебного мякиша растирали с водой при 30° в ступке, смесь переносили в мерную колбу на 200 мл, доводили до метки, после чего взбалтывали в течение 15 минут и фильтровали. Из фильтрата брали определенную часть (10—20 мл) и выпаривали в чашке до постоянного веса. В ряде случаев определение воднорастворимых веществ производили при помощи рефрактометрической системы Киевского завода контрольно-измерительных приборов Главпитемаша. Для проведения аутолитической пробы 10 г мякиша и 20 мл воды помещали в колбу, выдерживали на водяной бане при 70° в течение одного часа, быстро охлаждали, переносили в мерную колбу на 200 мл и обрабатывали дальше аналогичным путем.

Определение непосредственно восстанавливающих углеводов производили по Бертрану после осаждения профильтрованной вытяжки реактивом Барштейна с пересчетом на глюкозу; в той же вытяжке определяли и содержание углеводов группы декстринов. Активность каталазы определяли следующим образом: 20 г мякиша и 1 г меда растирали в ступке со 100 мл воды, переносили в колбу, где и оставляли на 1 час. После отфильтровывания часть прозрачного фильтрата инактивировали в течение 10 минут на кипящей водяной бане. К 25 мл 0.03% свежеприготовленного раствора перекиси водорода добавляли 2 мл

фильтрата, оставляли на 10 минут, затем прибавляли 2 мл 10% раствора серной кислоты и оттитровывали 0.1 N раствором $KMnO_4$. Так же поступали и с инактивированным фильтратом. Разница в количестве миллилитров $KMnO_4$, умноженная на 1.7, выражала собой активность каталазы в миллиграммах разложенной перекиси водорода.

Результаты исследований по воднорастворимым веществам и углеводам, приведенные в таблицах, даны на абсолютно сухое вещество.

Часть полученных данных по образцам из искусственно зараженной муки приведена в табл. 2 и 3, а по выпечкам из естественно зараженной муки — в табл. 4.

Рассмотрение соответствующих данных по хлебу из муки 72% выхода (№ 618, табл. 2) показывает, что уже через 12 часов наблюдался значительный прирост воднорастворимых веществ после аутолиза, причем в то же время не замечалось какого-либо специфического запаха. Органолептические признаки заболевания хлеба начинали обнаруживаться лишь после 18-часовой инкубации, причем воднорастворимые вещества до аутолиза к этому сроку достигали также заметного прироста, возрастая в особенности после аутолиза. После суточного выдерживания хлеба в термостате при проведении аутолитической пробы до 73% его сухих веществ переходило в раствор. Количество непосредственно восстанавливающих сахаров держалось почти на одном уровне до 18 часов, после чего начинало также заметно возрастать.

Параллельно с суммарным приростом воднорастворимых веществ наблюдалось аналогичное возрастание и углеводов после 3-часового гидролиза, что свидетельствовало о преимущественном накоплении декстринов.

Через 18 часов проявлялась слабая активность каталазы, продолжавшая возрастать и при дальнейшей инкубации хлеба.

Концентрация водородных ионов в водных вытяжках имела ясно выраженную тенденцию к подщелачиванию. Влажность хлеба за 24 часа изменялась в сторону снижения сравнительно незначительно.

В табл. 3 дана динамика изменений тех же показателей, но при более длительной инкубации хлеба, выпеченного из муки 85% выхода (№ 45), также искусственно зараженной.

Таблица 2

Биохимические изменения в хлебе из муки 72% выхода № 618, искусственно зараженной

Показатели (в %)	0 час.		6 час.		12 час.		18 час.		24 часа	
	без ауто- лиза	аутолиз	без ауто- лиза	аутолиз	без ауто- лиза	аутолиз	без ауто- лиза	аутолиз	без ауто- лиза	аутолиз
Влажность	42.50	—	41.30	—	40.80	—	41.90	—	40.60	—
Воднорастворимые веще- ства (в %)	8.97	10.95	8.58	11.17	9.36	16.11	20.48	50.60	29.14	72.82
Сахара, непосредственно вос- станавливающие	0.87	1.16	0.86	1.21	0.86	0.92	0.14	1.74	2.49	6.35
Углеводы после 3-час. гид- ролиза	4.60	5.15	4.60	8.82	4.56	10.07	—	45.88	25.52	65.11
Каталаза (в мг H_2O_2)	0	—	0	—	0	—	0.2	—	0.93	—
pH	6.25	—	—	—	—	—	—	—	6.57	—
Органолептическая оценка	Нормальная						Запах силь- ный, мякни- ликий		Запах очень силь- ный, мякни- ликий	

В данном случае резкий прирост воднорастворимых веществ до и после аутолиза наблюдался после 18-часового хранения, постепенно усиливаясь и доходя через 42 часа до 70.74—81.97%. После 18 часов

обнаруживались и органолептические признаки заболевания — появление специфического сильного запаха и значительной липкости мякиша.

Накопление большого количества непосредственно восстанавливающих сахаров замечалось после 24 часов, прогрессируя и далее. Прирост углеводов после 3-часового гидролиза протекал почти параллельно суммарному увеличению воднорастворимых веществ. Активность каталазы, начав проявляться через 18 часов, необычайно сильно возрастала к 42 часам. рН постепенно изменялся, от 5.88 доходя до 6.71. Влажность хлеба в процессе хранения практически оставалась без изменений.

Таблица 4

Биохимические изменения в хлебе из муки 72% выхода № 618, естественно зараженной

Показатели (в %)	0 час.		18 час.		24 часа		36 час.		48 час.	
	без аутолиза	аутолиз	без аутолиза	аутолиз	без аутолиза	аутолиз	без аутолиза	аутолиза	без аутолиза	аутолиза
Влажность	41.10	—	39.10	—	40.20	—	40.20	—	40.30	—
Воднорастворимые вещества	10.96	12.70	10.34	14.16	11.64	30.56	31.00	73.46	30.54	79.16
Сахара, непосред- ственно восста- навливающие . .	1.37	1.78	1.60	1.60	2.01	2.21	4.25	7.75	4.48	8.86
Углеводы после 3-часового гид- ролиза	5.43	8.79	6.33	8.44	—	19.38	30.62	68.71	28.29	70.60
Каталаза (в мг H ₂ O ₂)	0	—	0	—	0	—	0.68	—	0.68	—
рН	6.31	—	6.40	—	—	—	—	—	6.90	—
Органолептическая оценка	Н о р м а л ь н а я						Слабый за- пах, мякиш сухой		Слабый за- пах, мякиш липкий	

При сравнении результатов аналогичных опытов по анализу хлеба из муки № 618, но без искусственного заражения (табл. 4), признаки заболевания хлеба наблюдались уже значительно позже — только после 36-часовой инкубации. В общем картина биохимических изменений хлеба оставалась приблизительно такой же, как и в предыдущем случае, и только интенсивность их была значительно более замедленной. Различие между количеством воднорастворимых веществ до и после аутолиза через 18 часов инкубации хлеба было небольшим (от 10.34 до 14.16%), но за 24 часа этот разрыв увеличился почти в 2.6 раза (от 11.64 до 30.56%), равно как и количество углеводов группы декстринов.

Опыты с выпечками хлеба из других образцов муки 72% и 85% выходов показали весьма близкие результаты с вышеприведенными. Во всех случаях через большие или меньшие промежутки времени наблюдалось как заметное возрастание суммарного количества воднорастворимых веществ до аутолиза, так и их особенно резкий прирост после проведения часового аутолиза при 70°.

В ряде выпечек по величине разрыва между содержанием воднорастворимых веществ до и после аутолиза и по активности каталазы можно было с достаточной уверенностью судить о вероятности заболевания хлеба в случае его дальнейшего хранения, в то время как по

органолептической оценке никаких видимых признаков заболевания еще не обнаруживалось.

Добавление к муке при замесе измельченного и высушенного мякиша из сильно зараженного хлеба даже в небольших количествах также чрезвычайно ускорило процесс заболевания, на ряду с резким повышением прироста воднорастворимых веществ в выпеченном хлебе. В то время как в контроле заметное нарастание воднорастворимых веществ наблюдалось лишь через 46 часов, составляя 14.6% в пробе без аутолиза и 26.2% с аутолизом, при добавлении 0.1% зараженного хлеба соответствующие цифры уже через 22 часа хранения доходили до 30.6 и 42.8%, а при 1% — до 42.8% в пробе без аутолиза.

Поскольку в нашем распоряжении не оказалось таких образцов здоровой муки, которые не давали бы в той или иной степени типичных явлений заболевания, нам пришлось прибегнуть к выпечкам из тех же образцов муки, но с добавлением молочной кислоты в таком количестве, чтобы создать в хлебе менее благоприятные условия для роста *Bac. mesentericus*. Подкисление теста, как хорошо известно из практики хлебопечения, является наиболее эффективным способом борьбы с картофельной болезнью. С этой целью из искусственно зараженной муки № 618, как дававшей наиболее яркую и показательную картину заболевания за наименее короткий срок, выпекались хлеба с добавлением при замесе теста молочной кислоты в количестве 0.4%.

Таблица 5

Биохимические изменения в хлебе из муки 72% выхода № 618, искусственно зараженной, с добавлением 0.4% молочной кислоты

Показатели (в %)	0 час.		18 час.		24 часа		36 час.		45 час.	
	без аутолиза	аутолиз	без аутолиза	аутолиз	без аутолиза	аутолиз	без аутолиза	аутолиз	без аутолиза	аутолиз
Влажность	42.80	—	40.40	—	40.90	—	39.90	—	41.70	—
Воднорастворимые вещества	9.19	10.23	10.0	10.0	8.73	9.75	7.88	9.08	9.02	12.72
Сахара, непосредственно восстанавливающие	0.56	0.74	0.60	0.71	0.71	0.76	—	—	—	0.82
Углеводы после 3-час. гидролиза	—	—	2.85	4.58	2.89	4.33	2.53	4.09	2.75	4.01
Каталаза (в мг H_2O_2)	0	—	0	—	0	—	0	—	2.60	—
pH	5.10	—	5.10	—	5.01	—	5.04	—	5.10	—
Органолептическая оценка	Н о р м а л ь н а я									

Как видно из табл. 5, за 45 часов инкубации хлеба не было обнаружено никаких органолептических признаков заболевания. Не наблюдалось также какого-либо прироста ни в количестве воднорастворимых веществ до и после аутолиза, ни в содержании углеводов типа декстринов и непосредственно восстанавливающих сахаров. pH также оставался без изменения в пределах 5.10. Только через 45 часов замечалась некоторая активность каталазы и очень небольшое различие в пробах без аутолиза и с аутолизом по воднорастворимым веществам (9.02—12.72%).

Таблица 6

Биохимические изменения в хлебе из муки 85% выхода № 45, естественно зараженной, с добавлением 0.4% молочной кислоты

Показатели (в %)	0 час.		18 час.		24 часа		36 час.		45 час.	
	без аутолиза	аутолиз	без аутолиза	аутолиз	без аутолиза	аутолиз	без аутолиза	аутолиз	без аутолиза	аутолиз
Влажность	45.80	—	44.80	—	45.10	—	44.30	—	44.60	—
Воднорастворимые вещества	12.58	13.10	11.85	13.30	12.15	13.26	11.72	12.48	14.75	24.40
Сахара, непосред- ственно восста- навливающие	1.05	1.09	1.01	1.36	1.16	1.58	1.59	1.61	2.54	3.48
Сахара после 3-час. гидролиза	5.87	3.42	5.69	6.05	4.81	6.34	5.09	5.88	5.84	12.20
Каталаза (в мг H ₂ O ₂)	0	—	0	—	0	—	0	—	0.97	—
pH	5.53	—	5.44	—	5.70	—	5.44	—	5.53	—
Органолептиче- ская оценка	Н о р м а л ь н а я									

Аналогичная выпечка из другой муки, № 45, при добавлении молочной кислоты дала аналогичную картину (табл. 6). При полном отсутствии видимых признаков заболевания не наблюдалось также никаких изменений в углеводном комплексе хлебного мякиша. Лишь по истечении 45 часов обнаруживалась незначительная активность каталазы; аутолитическая же проба по воднорастворимым веществам свидетельствовала все же о довольно заметном сдвиге — от 14.75 до 24.40%. pH мякиша оставался, практически не меняясь в течение всего 2-суточного хранения хлеба, в пределах 5.50. Вполне вероятно, что при таком pH при более длительной инкубации хлеба в нем обнаружались бы типичные признаки заболевания.

Таким образом, во всех исследованных случаях примененные нами биохимические показатели, в особенности количественная аутолитическая проба, обнаруживали заболевание хлеба картофельной болезнью не позднее 24 часов после его выпечки. Отставания данных биохимических показателей по сравнению с органолептической оценкой, являющейся только лишь качественной и сугубо субъективной пробой, ни в одном случае не наблюдалось. Аутолитическая проба может, следовательно, по нашему мнению, служить диагностическим показателем степени зараженности хлеба картофельной болезнью.

ВЫВОДЫ

1. Опыты с применением препарата амилазы *Bacillus mesentericus* показали, что незначительные количества препарата могут при высокой температуре за короткий срок вызывать в мякише хлеба чрезвычайно резкое расщепление крахмала и тем самым весьма значительный прирост воднорастворимых веществ, поддающихся очень простому и быстрому учету, например с помощью рефрактометра.

2. Для изучения изменений в химическом составе мякиша при выпечках хлеба из муки, естественно и искусственно зараженной *Bac. mesentericus*, был произведен в течение различных сроков хранения хлеба в оптимальных условиях ряд определений: суммарного количества воднорастворимых веществ, непосредственно восстанавливающих сахаров и углеводов группы декстринов, активности каталазы и pH.

3. Наиболее характерными показателями изменений хлеба при его заболевании следует считать суммарное количество воднорастворимых веществ и углеводов группы декстринов. Определение этих показателей после аутолиза мякиша при высокой температуре является весьма эффективным способом быстрой диагностики степени заболевания хлеба картофельной болезнью.

4. На основании разработанных нами биохимических показателей, определяемых после аутолиза мякиша, зараженность хлеба в большинстве случаев может быть установлена ранее, нежели с помощью обычной органолептической оценки.

5. Прибавление молочной кислоты к тесту полностью устраняло развитие специфической микрофлоры, вследствие чего почти не наблюдалось никаких сдвигов или изменений в биохимических показателях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирзоева В. А. Микробиология, 8, 713, 1939.
2. Brahm C. Z. ges. Getreidewese, 13, 105, 1921.
3. Lloyd D., Clark A., McCrea E. J. of Hyg., 19, 380, 1921.
4. Kuhl H. Z. ges. Getreidewese, 3, 3, 1930.
5. Проскуряков Н. И. и Ратнер М. И. Микробиология, 7, 1120, 1939.
6. Bu zell H. a. Forbes A. Cer. Chem., 7, 465, 1930; *ibid.*, 9, 161, 1932.
7. Firdman M. Ann. d. Physiol., 14, 67, 1938; *ibid.*, 14, 94, 1938.
8. Попова Е. м. и Пучкова М. Биохимия, 3, 246, 1938.
9. Проскуряков Н. И. и Добина Э. Г. Микробиология, 8, 1091, 1939.
10. Boidl M. IV Congrès d. chim. biol., 336, 1933.
11. Pe au M. IV Congrès d. chim. biol., 228, 1933.
12. Wallerstein L. Ind. Eng. Chem., 1219, 1939.

N. PROSKURIAKOV a. R. GRINBERG

BIOCHEMICAL CHANGES IN BREAD INFLUENCED BY THE POTATO DISEASE

SUMMARY

1. The assays with the use of amylase preparations from *Bacillus mesentericus* showed that small amounts of this preparation at high temperature may involve in a very short period of time a very sharp splitting of starch in the bread crumb and thereby a considerable increase of watersoluble materials subject to a simple and quick accounting e. g. with a refractometer.

2. For the study of changes in the chemical composition of the crumb of bread baked from flour naturally and artificially infected with the *Bacillus mesentericus*, a range of determinations were made with different storage periods of bread in optimal conditions: of the summary amount of watersoluble materials, of directly reducing sugars and carbohydrates of the dextrin group, of the catalase activity and of the pH.

3. One must consider the summary amount of watersoluble materials and carbohydrates of the dextrin group as the most characteristic index of the changes in unsound bread. The determination of these indexes after the autolysis of the crumb at high temperature is a very effective method of quick diagnosis on the degree of the potato disease in bread.

4. On the base of the biochemical indexes, established by us and determined by the crumb autolysation method, we have got the possibility to ascertain in most cases the infection of bread earlier than by means of the ordinary organoleptic evaluation.

5. The addition of lactic acid to dough completely eliminates the development of the specific microorganisms, in consequence any displacement of changes of the biochemical indexes were nearly not observed.

К. Н. ЧИЖОВА

ИЗМЕНЕНИЕ КРАХМАЛА В ПРОЦЕССЕ ВЫПЕЧКИ ХЛЕБА

(Всесоюзный научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности)

С каждым годом растет техническая оснащенность хлебопекарной промышленности в СССР, и встает неотложная задача изучить и научно обосновать все этапы технологического процесса приготовления хлеба.

Только на ряду с овладением метода диагностики муки в хлебопекарном отношении и с учетом всех превращений, происходящих в тесте в процессе брожения и выпечки, могут быть составлены обоснованные требования конструкторам нашего оборудования.

В настоящее время считается общепризнанным утверждение Опарина [1] о том, что «качество муки зависит не только от ее первоначального состава, но и от того, как поведут себя белки, крахмал и другие составные части муки в технологическом процессе. При работе с различными партиями муки можно заметить, что скорость разбираемых химических превращений бывает различна. Таким образом, именно эта скорость химических превращений, а не просто состав муки, определяет ее хлебопекарные качества».

Но большинство исследований, посвященных изучению превращений составных частей муки, проводилось лишь в условиях брожения теста. На процесс же выпечки и до последнего времени многие смотрят только как на фиксацию изменений, уже происшедших при тестоведении.

На возможность качественных и количественных изменений в углеводном комплексе в процессе выпечки указывает, однако, Опарин [1], а именно: «При смешивании муки и воды консистенция получаемого теста, его сухость, определяется водоудерживающей способностью белков, тогда как крахмал играет здесь второстепенную роль». И далее: «В процессе выпечки положение существенно меняется. Свернувшиеся под влиянием высокой температуры белки теряют свою гидрофильность и отдают ранее связанную с ними воду крахмалу, гидрофильность которого вследствие клейстеризации резко увеличивается».

Нарушение гидрофильности крахмала, по исследованиям Клинка-берга, зависит от присутствия в муке, идущей для приготовления хлеба, фермента α -амилазы, действие которой особенно сильно выражено в температурном интервале 65—75° С. Но, помимо этого, оптимум действия и β -амилазы, присутствующей в муке из нормального и здорового зерна, также лежит в пределах 60—65°. Отсюда ясно, что при изучении превращений, происходящих в крахмале, основное вни-

манье должно быть сосредоточено в области действия повышенных температур, оптимальных для обеих амилаз, а именно на процессе выпечки. В результате действия α -амилазы крахмал расщепляется преимущественно до декстринов, и, кроме этого, в нем происходит нарушение гидрофильных связей, что вызывает своеобразное изменение в физическом состоянии мякиша хлеба.

В работе Онищенко [2] отмечено, что внесение избыточного количества декстринов в тесто перед формовкой в размере, близком к тому, который образуется при добавлении в тесто α -амилазы, лишь до некоторой степени повторяет ту картину, которая обнаруживается при добавлении α -амилазы, но далеко не в полной мере, если судить по органолептической оценке. Хлеб с добавлением декстринов обладал, согласно опытам Онищенко, значительно более эластичным мякишем, нежели при добавлении α -амилазы.

В связи с этим необходимо отметить, что большинство методов определения диастатической активности, проводящихся при температуре, близкой к температурным условиям тестоведения, не может дать правильного представления о характере амилолитической деятельности в отдельных партиях муки. Вследствие этого за последнее время стали входить в практику методы, в которых активность ферментов амилолитического комплекса учитывается при температурах, приближающихся к температуре выпечки. Одним из таких методов является метод определения аутолитической активности, разработанный Проскуряковым и Кожевниковой [3], и колобковая выпечка, предложенная Козьминой [4]. К разряду подобных методов следует отнести также методику определения «декстринного числа», опубликованную недавно Кент Джонсом [5], и более старый способ Молина [6].

Несмотря на очевидность большой роли биохимических процессов превращения крахмала при выпечке хлеба, в настоящее время не имеется экспериментальных работ, с достаточной полнотой освещающих этот момент. Напротив, имеются даже указания в литературе о том, что «крахмал муки при брожении теста переводится в растворимое состояние в количестве около 20%. При выпечке же образования растворимых углеводов не наблюдается».

Как уже сказано выше, имеющиеся в данное время работы по изучению динамики углеводов в процессе брожения теста проводились главным образом с целью установления потерь при брожении, режима питания дрожжей и наличия остаточных сахаров. К числу таких работ следует отнести исследования ряда французских авторов — Гийме [7], Жоффруа [8 и 9], Марка ван-Лаера [10], а также Островского [11] и других.

В настоящей же работе центром внимания становится крахмал как таковой, изменение состояния которого при выпечке как со стороны коллоидно-химической, структурной, так и с чисто количественной вызывает весьма ощутимые различия в качестве мякиша хлеба. На эти явления деградации крахмала при выпечке обращалось до сих пор слишком мало внимания. В то же время изменения крахмала являются непременным условием технологического процесса приготовления хлеба и происходят при этом постоянно, различаясь лишь с количественной стороны.

В данной работе была сделана попытка установить размер и скорость изменений углеводного комплекса в мякише хлеба при выпечке, причем мы старались установить динамику процесса, производя соответствующие измерения в нескольких температурных точках, а именно непосредственно перед посадкой в печь, при достижении температуры внутри мякиша 50, 75 и около 100°. Главное внимание было уделено

изучению изменений самого крахмала. Мы базировались на методе прямого определения крахмала, разработанном Проскураковым и Кожевниковой [12] и оказавшемся, как было установлено в настоящей работе, весьма эффективным и дающим возможность глубже проникнуть в сущность происходящих явлений, нежели это удавалось путем применения метода последовательных определений отдельных углеводных фракций.

Из методических работ, имеющих довольно близкое отношение к используемому в наших экспериментальных данных способу определения крахмала, следует отнести работу Тейлора и Зальцмана [13], которые показали, что если крахмал, амилозу или декстрин нагревать вместе с разбавленной щелочью, то последняя разрушает лишь вполне определенную фракцию, причем наблюдается соответствующее увеличение редуцирующей способности раствора. Ими показано, что на неизменный крахмал и амилозу горячий водный раствор щелочи не действует.

В обзорных статьях о крахмале и препаратах гликогена также указано на способность крахмала давать соединение со щелочью.

В связи с затронутыми в настоящей работе изменениями крахмала в корке при выпечке следует упомянуть об исследовании Катца с со-грудниками [14], которые при изучении изменений крахмала при сухом нагревании применили метод Тейлора в качестве одного из способов контроля декстринизации крахмала. Так же, как и Тейлор, Катц установил, что при нагревании сухого крахмала накопления редуцирующих веществ не наблюдалось.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Как уже было сказано выше, при изучении превращений, происходящих при выпечке, мы базировались на прямом определении крахмала, т. е. на определении фракции крахмала, устойчивой к действию 0,7% горячего раствора щелочи. Кроме ряда преимуществ, данный способ выгодно отличается от других методов тем, что дает возможность осуществлять быструю фиксацию испытуемого материала, что являлось совершенно необходимым условием нашей работы, связанной с весьма быстро идущими превращениями крахмала в течение выпечки. В метод определения крахмала [12] нами были введены лишь незначительные изменения по отбору проб и их обработке, что было вызвано специфичностью исследуемого материала.

Наблюдения за расщеплением крахмала в процессе выпечки были проведены на тесте из пшеничной муки первого сорта. Для опытов были взяты две партии муки с различной диастатической активностью и различным качеством клейковины. Анализ этих партий муки приведен в табл. 1 (в % на сухое вещество).

Таблица 1

Показатели	Образец № 1644	Образец № 131
Диастатическая активность по Рамзею	157.0	294.0
Непосредственно восстанавливающие сахара (по глюкозе)	0.52	0.58
Сахароза	2.54	3.39
Растворимые углеводы после 3-часового гидролиза (по глюкозе)	3.50	5.69
Крахмал	72.05	66.68
Аутолитическая активность по Проскуракову	9.85	12.14
Белковые вещества ($N \times 5.7$)	16.87	17.89

Образец муки № 1644 содержал 38.6% сырой и 13.28% сухой клейковины. По глютографу сопротивляемость клейковины была равна 100 условным единицам, а растяжимость — 24. Образец муки № 131 имел 43.5% сырой и 13.9% сухой клейковины. Сопротивляемость клейковины по глютографу составляла 39, растяжимость — 22.2.

Из этих образцов муки безопарным способом, с добавлением в отдельных выпечках солодовой вытяжки, из расчета 1% солода от веса муки, готовились формовые хлеба 0.5 кг развеса. Выпечки производились в лабораторной печи с автоматической терморегулировкой при температуре 220° С.

Отбор проб для анализов производили в следующих точках: 1) тесто после замеса, 2) перед посадкой, 3) в печи при температуре 50°, 4) то же при 75°, 5) готовый хлеб (температура мякиша 97—99°).

Первые пробы отбирались для того, чтобы сопоставить скорость процессов во время брожения и выпечки.

В работе был принят следующий способ отбора и обработки проб: при формовке в тесто закрепляли специальный укороченный термометр с таким расчетом, чтобы ртутный шарик находился в центральной части хлеба. После расстойки тесто помещали в печь и в момент достижения температуры внутри хлеба 42—45° его вынимали из печи, освобождали от формы и уже на столе следили за повышением температуры. Когда температура достигала 50° (на что требовалось примерно около одной минуты), хлеб разламывали, изолировали центральную часть и быстро брали навески. Пробы, предназначенные для определения растворимых углеводов, отбирали в заранее тарированные бюксы с реактивом Барнштейна. Навески для определения крахмала вносили в бюксы с 0.7% раствором едкого калия. Размер навесок определяли по разности в весе.

Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Изменение крахмала при брожении и выпечке
(в % из сухое вещество)

Анализируемый объект	Общая длитель- ность выпечки (в мин.)	Тесто				Готовый хлеб
		после змеса	перед посадкой в печь	в печи при		
				50°	75°	
Образец муки № 1644 .	{ 27	69.30	64.80	60.52	56.97	51.96
	{ 26	67.26	66.33	64.96	54.82	53.16
	{ 25	67.98	67.75	65.08	61.24	59.80
	{ 25	67.80	65.35	65.10	59.04	59.78
То же - 1% солода . .	{ 25	67.00	61.21	55.93	55.72	48.37
	{ 27	67.39	60.46	55.04	52.50	48.90
Образец муки № 131 . .	{ 25	65.85	60.85	59.61	45.01	45.00
	{ 27	65.96	57.31	51.90	45.22	41.63
То же - 1% солода . .	{ 25	66.48	55.30	54.01	40.03	45.10
	{ 26	65.00	53.93	—	52.00	42.39

На основании полученных результатов следует считать, что основное превращение крахмала происходит в период выпечки. В большинстве опытов уменьшение количества устойчивого к щелочи крахмала в течение 25 минут выпечки доходило до 13—16%, значительно превы-

шая убыль крахмала при брожении теста, составлявшую в максимуме 11%. В отношении выпечек, проведенных с добавлением 1% солода, интересно отметить, что расщепление крахмала идет в процессе брожения значительно интенсивнее, чем в выпечках без добавления солода. В опыте с образцом № 131 распад крахмала во время брожения почти равен распаду в процессе выпечки.

При изучении изменений в количестве крахмала при тестоведении и выпечке получают более отчетливые представления о динамике ферментативных процессов в углеводном комплексе, нежели при определении суммы растворимых углеводов и их отдельных фракций. Последние показатели не дают основания сделать полное заключение о работе ферментов, поскольку одновременно идет как накопление, так и расход этих углеводов; изменения же крахмала имеют лишь одно направление — в сторону уменьшения его содержания. Кроме того, абсолютные размеры изменений в количестве крахмала значительно превышают размеры прироста в растворимых углеводах (увеличение 6—10%).

В нашей работе при изучении динамики сахаров получены результаты, согласующиеся в общих чертах с данными упомянутых выше авторов, изучавших динамику углеводов в процессе брожения теста. Поэтому в настоящей работе полученные нами результаты и не приводятся.

Изменения в количестве крахмала сопровождались характерными особенностями в качестве мякиша. Так, при недостатке, равно как и при избытке неизмененного крахмала обнаруживались ясно выраженные дефекты мякиша, сказывавшиеся в наличии грубых или слишком заминающихся стенок пор.

В работе Николаева, Чижовой и Евстафьевой [15], благодаря использованию специально сконструированного прибора, удалось измерить и охарактеризовать цифровыми показателями изменения в физическом состоянии мякиша, которые происходили под влиянием ферментов амилотического и протеолитического комплексов. Количество неизмененного крахмала в мякише и показатели сжимаемости и относительной упругости мякиша имели обоюдную определенную зависимость. Хлеб из муки первого сорта при содержании 54.2% крахмала имел сжимаемость, равную 5.52 условным единицам прибора, а относительную упругость 76%. Хлеб, приготовленный из той же муки, но с добавлением препарата фермента α -амилазы, при содержании крахмала 43.2% имел сжимаемость 8.13 единиц и относительную упругость 65%.

Однако наблюдения при выпечке не могут полностью объяснить причину сильного распада крахмала за такой короткий срок, тем более что почти половина всего времени выпечки лежит вне температурного оптимума α -амилазы. Направляется объяснение, что подобное изменение может быть вызвано тепловым воздействием.

Для разъяснения этого вопроса были проведены опытные электровыпечки. Продолжительность этих выпечек, как известно, очень короткая и, как правило, не превышает трех минут, из которых собственно на нагревание хлеба до температуры, близкой к 100°, требуется 1.5—2 минуты.

При электровыпечках нами контролировалось количество крахмала в момент замеса теста, перед началом выпечки и в готовом хлебе. Результаты наблюдений представлены в табл. 3, откуда видно, что при подобной кратковременной выпечке происходит значительно меньшее разрушение крахмала. Но вместе с этим совершенно изменяются и физические свойства мякиша: он становится очень сухим, несмотря

на достаточно высокую влажность (42—45%). Стенки пор мякиша напоминают мало эластичную резину. В данном случае крахмал представляет собой как бы слишком крутой сгусток. Вследствие отсутствия типичной корки, служащей надежным защитным покровом, летучие ароматические вещества почти полностью удаляются с водяным паром. Содержание спирта в таком хлебе колеблется в пределах от 0.3 до 0.5%, тогда как в хлебе нормальной выпечки содержание достигает 1—1.5% и выше. В результате получается хлеб, почти лишенный специфического аромата.

Таблица 3

Изменение крахмала при электровыпечке
(в % от сухое вещество)

Анализируемый объект	Длительность выпечки (в мин.)	Тесто		Готовый хлеб
		после замеса	перед выпечкой	
Образец муки № 131 . . .	3	67.09	65.70	61.66
	3	66.00	62.45	62.10
То же + 1% солода . . .	3	65.00	55.03	51. . .
Образец муки № 1644 . . .	3	68.00	65.80	62.30
То же + 1% солода . . .	3	66.61	64.22	60.15

Данными этих выпечек в особенности подчеркивается, что для получения доброкачественного мякиша крахмал должен подвергаться деградации, но в известной степени.

Электровыпечками не было, однако, полностью выяснено, происходит ли расщепление крахмала при выпечке преимущественно под влиянием теплового воздействия или же главным образом за счет деятельности ферментов, протекая при этом с чрезвычайной быстротой.

Для уточнения этого вопроса были поставлены специальные опыты следующим образом.

Образцы муки и теста инактивировались спиртом путем кипячения в течение одного часа. Обработанное спиртом тесто, так же как и мука, приводилось в порошкообразное состояние, после чего в этих образцах определяли крахмал, подвергая навеску предварительному кипячению в воде в течение разных промежутков времени. Результаты этих опытов представлены в табл. 4 (в % крахмала на сухое вещество).

Таблица 4

Образцы, предварительно инактивированные спиртом	Контроль (без кипячения в воде)	Продолжительность кипячения в воде (в мин.)				
		10	15	20	30	60
Образец муки № 1644	69.75	69.50	—	69.25	69.75	—
Тесто из муки № 1644 (перед посадкой в печь)	62.45	—	—	61.20	—	—
Образец муки № 131	63.70	62.50	63.20	63.00	62.40	63.10
Тесто из муки № 131 (из печи при 75°)	58.04	—	—	55.51	—	—

Эти данные показывают, что при отсутствии фермента даже длительное кипячение инактивированной муки с водой не вызывает никаких изменений. Разница в отдельных показателях лежала в пределах возможных ошибок опыта.

Кипячение аналогично обработанного теста дает незначительное снижение в содержании крахмала, более заметное в случае образца теста из муки № 131, отобранного из печи при температуре мякиша в 75° и уже значительно подвергшегося ферментативному воздействию.

Аналогичные опыты были поставлены с мукой при инактивировании образцов кипящей водой. В этом случае навески по 0,2 г муки вносили в 20 мл кипящей воды, причем старались распылить муку по возможности тонко для того, чтобы избежать образования комочков. Результаты опытов представлены в табл. 5 (в % крахмала на сухое

Таблица 5

Анализируемый объект	Контроль (без кипяче- ния)	Предвари- тельное кипячение в течение 10 мин.
Образец муки № 1644	69.80	68.06
" " № 131	67.52	67.42

вещество). Этими опытами также показано, что 10-минутное кипячение муки с водой практически не изменяет количества крахмала.

Из всех проведенных опытов становится понятным, что процесс интенсивного изменения крахмала зависит от взаимодействия амилазы с клейстеризованным крахмалом. Величина расщепления зависит, таким

образом, от продолжительности действия α -амилазы при температурах, превышающих температуру клейстеризации крахмала.

Дополнительно были поставлены опыты по выяснению совместного действия препаратов α -амилазы и папаина.

В качестве объектов исследования были взяты образцы крахмала, отмытого из обеих партий муки. Крахмал приготавливали по Раску и Альсбергу [16]. Препарат α -амилазы готовили по Клинкенбергу и брали из расчета 0,1% к весу крахмала. Препарат папаина импортного происхождения применяли из расчета 0,025%, также от веса крахмала.

Эти опыты показали, что при наличии ферментативных препаратов папаина и α -амилазы при их действии в течение 5 минут при 70° в крахмале из обоих образцов муки происходили определенные изменения в сторону его снижения, которые при совместном действии ферментов еще более усиливались, достигая до 10—11% в максимуме.

Изменения крахмала при выпечке не ограничиваются вышеописанными процессами, происходящими в мякише хлеба. В хлебе обычной выпечки имеется всегда поверхностный слой (корка большей или меньшей толщины), сильно отличающийся от мякиша в зависимости от различия в условиях прогревания в печи. Поверхностный слой в процессе выпечки очень быстро обезвоживается и подвергается действию значительно более высокой температуры (температура корки, по Нейману, $140\text{--}150^{\circ}\text{C}$), что накладывает определенный отпечаток на химический состав его углеводной фракции.

При определении содержания крахмала в корке и мякише нами установлено, что в корке значительно меньше неизмененного крахма-

Таблица 6
Сравнительное содержание крахмала в мякише и корке (в % на сухое вещество)

Анализируемый объект	В мякише	В корке
Хлеб из муки № 1644	53.16	48.37
	59.29	50.21
	60.00	49.71
" " " № 131	45.00	34.80
	42.39	38.53

ла, причем это различие может доходить до 10% и более (табл. 6).

Сопоставляя состав углеводного комплекса в корке и мякише хлеба, приведенный в помещенной ниже табл. 7, видим, что количество непосредственно редуцирующих веществ и общее количество растворимых углеводов, так же как и количество воднорастворимых веществ, в корке значительно ниже, чем в мякише.

В случае выпечек с добавлением солода разница между содержанием воднорастворимых веществ и содержанием общих углеводов в мякише и корке сильно возрастает. Это показывает, что сахара в корке претерпевают карамелизацию и в связи с этим теряют свои обычные свойства, что ферменты прекращают свою деятельность в поверхностном слое хлеба очень быстро после посадки в печь и, наконец, что декстрины, образующиеся под действием высокой температуры, не в состоянии компенсировать все же ферментативную декстринизацию, протекающую, наоборот, в мякише с такой интенсивностью.

Таблица 7

Химический состав корки и мякиша хлеба
(в % от сухое вещество)

Анализируемый объект		Общее количество воднорастворимых веществ	Непосредственно редуцирующих веществ	Редуцирующих после 5-мин. гидролиз	Редуцирующих после 3-час. гидролиз
в пересчете на глюкозу					
Хлеб из муки № 1644	мякиш . . .	—	2.79	0.40	5.15
	корка . . .	—	1.59	0.70	2.38
	мякиш . . .	11.18	2.52	0.42	6.85
	корка . . .	8.34	1.43	0.30	4.21
То же + 1% солода	мякиш . . .	16.49	3.11	0.70	13.00
	корка . . .	9.75	1.76	0.98	8.23
Хлеб из муки № 131	мякиш . . .	10.49	3.27	—	7.81
	корка . . .	7.76	1.75	—	5.21
	мякиш . . .	11.42	3.06	0.49	7.72
	корка . . .	8.96	2.14	0.26	5.58
	мякиш . . .	11.78	2.69	0.62	7.67
То же + 1% солода	мякиш . . .	17.65	5.02	0.86	14.54
	корка . . .	12.16	3.20	0.88	8.52

Таким образом, при сопоставлении углеводных фракций в мякише и корке хлеба еще раз с большой наглядностью выявляется роль и размер ферментативного превращения углеводов во время выпечки.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы установлены размеры изменений крахмала в процессе выпечки как в мякише, так и в корке хлеба, на ряду с учетом изменений и других углеводных фракций.

Экспериментальными данными подтверждено, что в отношении углеводного комплекса основные изменения происходят в процессе самой выпечки, несмотря на ее относительно короткий период, по сравнению с общей продолжительностью технологического процесса. Это свидетельствует о необходимости введения для более полной и

совершенной диагностики муки, в отношении ее углеводного комплекса, таких методов, условия которых в той или иной мере воспроизводят температурный режим выпечки.

Поскольку уменьшение крахмала и нарастание воднорастворимых углеводов в мякише отличаются в абсолютных величинах, следует предположить наличие особой фракции видоизмененного крахмала, которая в значительной мере и обуславливает качество хлебного мякиша.

При сопоставлении качества мякиша из хлеба, выпеченного обычным путем и методом электровыпечки, показано значительное различие в физических свойствах мякиша, что зависит от количества деградированного крахмала.

При наличии в муке α -амилазы процесс разложения крахмала до декстринов идет интенсивнее, и разрыв между убылью крахмала и нарастанием растворимых углеводов уменьшается. Следовательно, деградация крахмала не останавливается на каком-то желательном этапе.

Процесс интенсивного расщепления крахмала при выпечке не может считаться только результатом теплового воздействия, а зависит от взаимодействия амилазного комплекса с клейстеризованным крахмалом.

Превращения углеводов в корке при выпечке отличаются от их изменений в мякише и происходят главным образом под влиянием температурного воздействия. Основным изменением при этом является карамелизация сахаров, а тепловая декстринизация протекает заметно слабее по сравнению с образованием декстринов в мякише.

Следовательно, при введении изменений в условия выпечки, а также при установлении новых способов выпечки хлеба должны учитываться не только соответствующая тепловая обработка теста, но и ферментативные процессы, происходящие при выпечке и могущие коренным образом влиять на качество получаемой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Опарин А. И. Изв. АН СССР, сер. биол., 43, 1938.
2. Онищенко Е. Г. Биохимия хлебопечения, сб. 1, 39, 1938.
3. Проскуряков Н. И. и Кожевникова А. Н. Хлебопекарная промышленность, 7, 5, 1939.
4. Козымина Н. П. и Кретович В. Л. Химия зерна и муки, 1938.
5. Kent Jones. D. Cer. Chem., 17, 265, 1940.
6. Mollin. Cer. Chem., 11, 153, 1934.
7. Guillemet R. C. r. Acad. d'Agric. de France, 21, 889, 1935.
8. Geoffroy R. C. r. Acad. d'Agric. de France, 21, 847, 1935.
9. Geoffroy R. C. r. Acad. d'Agric. de France, 22, 747, 1936.
10. Van-Laer Marc H. A. des. ferme tatio a, 1, 481, 1933.
11. Островский А. И. Биохимия хлебопечения, сб. 1, 23, 1938.
12. Проскуряков Н. И. и Кожевникова А. Н. Биохимия, 5, 624, 1940.
13. Taylor T. a. Salzman. Jour. Amer. Chem. Soc., 55, 264, 1933.
14. Katz J. Zeitschr. f. physik. Chem. 184, 100, 1939.
15. Николаев Б. А., Чинова К. Н., Евстафьева Р. Г. Рукопись. Технич. архив ВНИИХП, 1941.
16. Ravka. Alsberg. C. Cer. Chem., 1, 12, 1924.

K. CHIGEOVA

SOME CHANGES IN STARCH IN THE PROCESS OF BREAD BAKING

SUMMARY

A study was conducted to establish the quantitative changes of starch in the process of bread baking as well in the crumb as in the crust of bread simultaneously with the account of the changes in the other carbohydrate fractions.

The study showed that the basic changes in the carbohydrate complex occur in the process of baking itself in spite of its relatively short period in comparison to the total duration of the technological process of bread making.

It was established by means of a rapid electric method of bread baking that the present quantity of the specific fraction of the somewhat degraded starch stipulates the specific physical properties of the crumb.

The process of intensive splitting of starch in the crumb during baking may not be accounted for as a result of the thermic action, and depends essentially on the interaction of the amylase complex with the starch transformed in paste.

But the metabolism of carbohydrates in the crust occurs essentially under the influence of temperature. The basic change in this case is the caramelization of sugars. The thermic dextrinization in the crust proceed in a much weaker grade in comparison with the formation of dextrin in the crumb.

Some changes being introduced in the baking conditions or some new methods established in the bread baking process, not only the respective heat treatment must be accounted but also the fermentative processes (amylolysis), which proceeds with greater intensity during certain stages of baking.

ad 2808.