

В. П. САВЧЕНКО

ТЕХНОЛОГИЯ  
И БИОХИМИЯ  
РЖАНОГО ХЛЕБА



ПИЩЕПРОМИЗДАТ  
Москва - 1959

В монографии «Технология и биохимия ржаного хлеба» дано биохимическое обоснование технологического процесса приготовления ржаного хлеба на основании исследовательских работ советских и зарубежных специалистов.

Непосредственно технологии предшествуют две главы («Рожь как растение и зерно ржи» и «Химический состав ржи и ржаной муки»), в которых собраны основные сведения, характеризующие рожь как растение, в частности даны видовые ее различия. Приведена также характеристика зерна ржи, ее стандартные показатели, мукомольные особенности, химический состав целого зерна и его составных частей.

Описание технологического процесса начинается с III главы, где подробно рассматривается влияние отдельных составных частей теста на его образование. Приведены различные взгляды исследователей на образование связанного белка в тесте, рассмотрено влияние на качество теста других факторов. Освещены структурные особенности ржаного теста, химические и другие изменения, происходящие в тесте при брожении.

В главе «Выпечка» много внимания уделено клейстеризации крахмала и денатурации белка.

В главе «Готовый хлеб» подробно рассмотрен вопрос ароматообразования, в частности предположение автора о влиянии на ароматообразование сбраживания лимонной кислоты.

Книга предназначена для научных и инженерно-технических работников хлебопекарной промышленности.

**Рецен  
Спецредакто,**

## ОТ АВТОРА

Технология, а следовательно, и биохимия ржаного хлеба во многом отличаются от технологии и биохимии пшеничного. Отдельным вопросам технологии приготовления ржаного теста и хлеба посвящено много работ как у нас, так и в других странах.

Автора давно интересовала технология ржаного хлеба. Еще в 1934—1935 гг. под руководством автора во Всесоюзном научно-исследовательском институте хлебопекарной промышленности (ВНИИХПе) этот вопрос изучали проф. А. В. Благовещенский, М. П. Юргенсон, С. А. Темерин, М. И. Ратнер, Н. С. Смирнова, Е. П. Балашова и А. К. Некрасова.

В дальнейшем над этой темой автор работал в Академии пищевой промышленности, в Высшей школе пищевой промышленности, во ВНИИХПе.

В данной монографии автор собрал результаты всех известных ему работ по отдельным вопросам технологии ржаного хлеба. Насколько позволяют современные достижения биохимии, автор стремился дать биохимическое объяснение технологическим процессам.

Некоторые процессы, протекающие в ржаном тесте и хлебе, автор не смог полностью объяснить, но им сделаны попытки на основании научно-исследовательских работ научно обосновать эти процессы. Автор, например, предполагает, что специфический аромат ржаной хлеб приобретает за счет сбраживания лимонной кислоты стрептококками, а затухание нарастания кислотности в тесте происходит в результате действия специфических бактериофагов на молочнокислые бактерии.

Автор считает, что собранный в этой книге материал будет полезен научным и инженерно-техническим работникам при дальнейшем изучении технологии ржаного хлеба и практикам в их непосредственной работе на производстве.

## ГЛАВА I

### РОЖЬ КАК РАСТЕНИЕ И ЗЕРНО РЖИ

Прежде чем говорить о технологии приготовления ржаного теста и хлеба, необходимо ознакомиться с особенностями ржи как растения и зерна ржи. Размол ржи несколько отличается от размола пшеницы и зерна других культур, поэтому необходимо описать этот процесс.

Рожь называли в народе «житница», «жито» (жить), так как она являлась основным источником питания людей.

Ботаническое изучение ржи длится со времени описания ее Линнеем, но и сейчас не может считаться законченным.

По археологическим данным, рожь как культурное растение была известна народам Европы еще в бронзовом веке. Она была обнаружена при раскопках древнейших поселений. В VI—IX веках н. э. культурная рожь была известна народам Волжско-Камского бассейна и более северным народам. Начиная с IX века, рожь получила в древней Руси более широкое распространение, чем пшеница. В конце XVI века завезена русскими переселенцами в Сибирь [3].

#### ПРОИСХОЖДЕНИЕ СОРНО-ПОЛЕВОЙ И КУЛЬТУРНОЙ РЖИ

Культурная рожь произошла из сорно-полевой ржи. При совместном посеве пшеницы и сорно-полевой ржи в неблагоприятных условиях для пшеницы (высокогорный район и район с низкой температурой и коротким временем вегетации) рожь сохранялась, а пшеница погибала.

Сорно-полевая рожь произошла из диких видов ржи рода *Secale* L.

Предполагается, что родоначальной формой является многолетняя горная рожь *Secale montanum* Guss или *Secale anatolicum* Roiss.

Большинство видов дикой ржи является многолетним растением, а культурная рожь — однолетним. Но известно, что переход от многолетней ржи к однолетней (а иногда и обратно) происходит легко, не требуется длительной адаптации (привыкания).

Более стойким признаком дикой ржи является ломкость колосового стержня. Но в селекционной практике известны отдельные случаи, когда при скрещивании двух видов ржи с ломкими

колосовыми стержнями в потомстве обнаруживали формы с неломким колосом.

**Рожь посевная, культурная** *S. cereale* L. Однолетнее, иногда двулетнее растение, колосья неломкие, зерна легко вымачиваются. Культурную рожь селекционировали на зимостойкость, урожайность, отсутствие чреззерности и неосыпаемость.

Известные сорта ржи явились преимущественно результатом отбора их из популяций.

Так как культурная рожь, как правило, является ветроопыляемым растением, то в дождливые годы, когда пыльца не рассеивается, лопается от влажного воздуха, прибывает дождем, урожайность ржи снижается.

На севере СССР, в Бурятской АССР и некоторых других районах были получены самоопыляющиеся сорта ржи.

Рожь *Secale cereale* L. относится к семейству Gramineae (злаковых), к группе Hordeae (ячменных). Культурная рожь относится к разновидности *S. cereale* var. *vulgare*.

Обычно все растения имеют восковой налет.

**Морфологические особенности ржи.** Корни ржи мочковатые, развиваются в верхнем слое почвы (в глубину до 25 см). Наиболее быстро растут корни ко времени кущения (В. Ф. Ант-

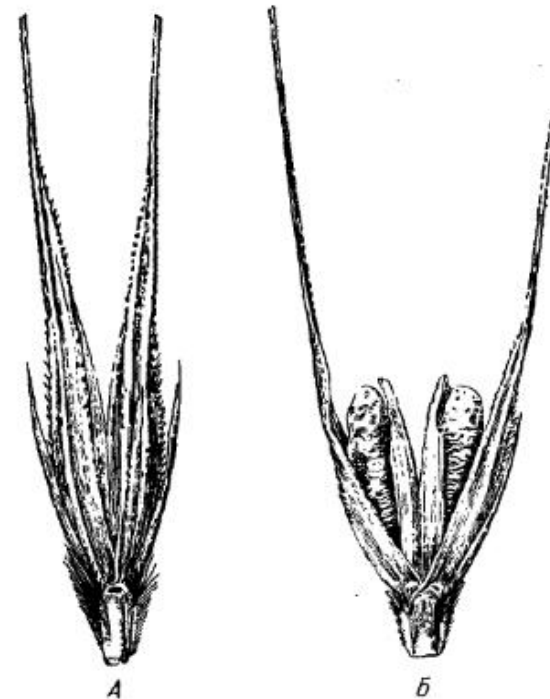


Рис. 1. Характер заключения зерна в чешуи: А—закрытозерная форма; Б—открытозерная форма.

ропова [4]). К весне рожь имеет сформировавшуюся корневую систему и лучше пшеницы переносит засуху.

Всходы появляются на 4—7 день. В отличие от пшеницы имеют коричнево-фиолетовую окраску. Редко встречаются сорта ржи с колеоптилем, окрашенным в зеленый цвет.

Кущение озимой ржи в основном происходит осенью, но продолжается и весной.

Стебель — соломина цилиндрической формы, полый с 3—6 узлами. Рожь в высоту растет быстрее пшеницы. Высота стебля от 70 до 200 см.

Листья у ржи более широкие, чем у пшеницы, темно-зеленого цвета, реже — светло-зеленые и золотисто-желтые.

Колос различают по форме: остистый, безостый, короткий, длинный, призматический, веретенообразный, плотный. Колос состоит из двух-трех, реже четырехцветковых колосков, собранных в двухрядные колосья.

Колоски обычно двуцветковые. Колосковые чешуйки в отличие от пшеницы узкие, всегда меньше цветковых.

У культурной ржи зерна обычно свободно сидят в колоске (открытозерная форма), а у сорной ржи зерно плотно заключено в чешую (закрытозерная форма) (рис. 1).

Цветки имеют три тычинки и два перистых рыльца. Пыльнички длинные, при цветении выходят из цветка и пыльца выбрасывается в воздух.

В колосе цветение начинается с срединных колосков.

### ЗЕРНО

Зерно ржи имеет округлую и удлиненную формы, размеры его зависят от сорта и условий произрастания.

По размеру зерна В. и В. Антроповы [4] делят рожь на 4 группы (рис. 2).

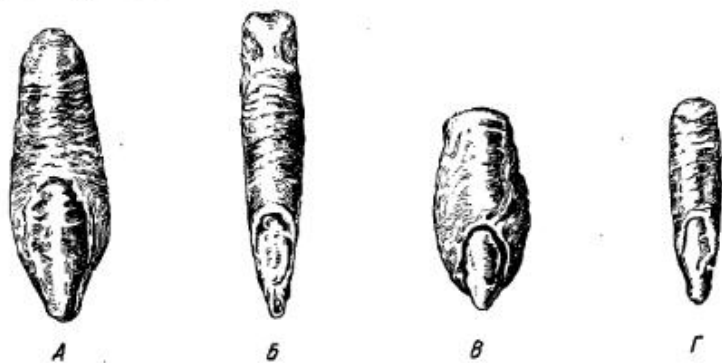


Рис. 2. Форма и величина зерна:

А—широкое длинное; Б—узкое длинное; В—широкое короткое; Г—узкое короткое.

Линейные размеры зерна ржи [76, 77]: длина от 4,0 до 9,8 мм, ширина от 1,4 до 3,4 мм и толщина от 1,0 до 3,4 мм. Средняя длина зерна 7 мм. Если отношение длины к ширине равно 3,3 и более, зерно считают удлиненной формы, если менее 3,3, то овальной.

Примерно те же размеры зерна ржи приводит Н. С. Суворов [234]. Он отмечает, что у зерен ржи длина примерно в 2 раза больше ширины, у пшеницы такого большого превышения длины над шириной не бывает. Колебания длины зерен ржи и пшеницы при их одинаковой толщине приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сита	Длина зерен в мм	
	ржи	пшеницы
Проход через сито с отверстиями 2,5×20 мм . . . . .	5,7—9,0	4,5—6,75
Остаток на сите с отверстиями 2,0×20 мм	5,0—8,75	4,0—6,75
Остаток на сите с отверстиями 1,75×20 мм	4,0—4,8	5,0—5,75
Проход через сито с отверстиями 1,75×20 мм . . . . .	4,5—7,7	4,2—5,50

Удельная поверхность (поверхность, отнесенная к объему) у ржи больше в 1,6 раза, чем у пшеницы. Это видно из сравнения данных В. С. Смирнова [240]: зерно пшеницы имеет объем, в среднем равный 42 мм<sup>3</sup>, поверхность — 70 мм<sup>2</sup>; у ржи объем — 24 мм<sup>3</sup>, поверхность — 56 мм<sup>2</sup>.

Следовательно, у пшеницы на 1 мм<sup>3</sup> объема приходится 1,6 мм<sup>2</sup> поверхности, а у ржи — 2,55 мм<sup>2</sup>.

Абсолютный вес ржи (вес 1000 зерен) для отдельных образцов ржи колеблется от 11 до 55 г [84].

В работах Н. С. Суворова вес отдельных зерен ржи колеблется от 6 до 50 мг, а вес 1000 зерен — от 12 до 28 г. Высоким абсолютным весом он считает, когда вес 1000 зерен больше 22 г, выше среднего — от 18 до 22 г, средним — от 15 до 18 г и низким — ниже 15 г.

Абсолютный вес зависит от места произрастания. В некоторых районах сорно-полевая рожь имеет средний абсолютный вес больше, чем произрастающие там же сорта культурной ржи [4].

Удельный вес зерна ржи колеблется от 1,25 до 1,45 [152]. По данным Сельскохозяйственной академии им. Тимирязева, он равен в среднем 1,44. В зависимости от влажности зерна ржи удельный вес его колеблется в следующих пределах:

Влажность зерна в %	Объем 1000 зерен в см <sup>3</sup>	Удельный вес в г/см <sup>3</sup>
7,09	1,680	1,3993
14,14	1,810	1,3917
19,56	2,075	1,2772

Зерно с одной стороны выпуклое (спинка), с противоположной стороны (брюшко) вдоль зерна имеется бороздка, глубоко проникающая внутрь зерна. Поверхность зерна морщинистая. С одного конца зерна (со стороны спинки) в кососрезанной части

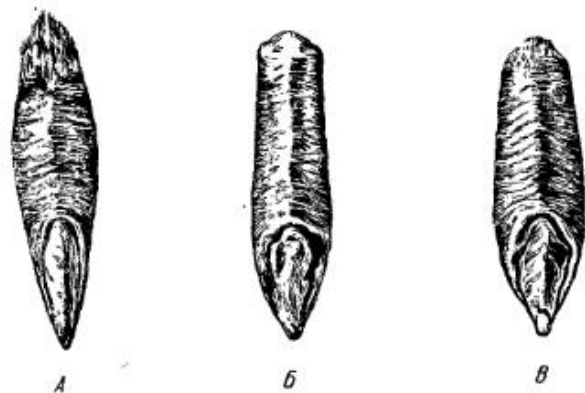


Рис. 3. Характер опушения вершины зерна:  
А—с большим хохолком; Б—без хохолка; В—с небольшим хохолком.

находится зародыш, другой конец — голый или опушен (бороздка-хохол). Различают три степени опушения зерна (рис. 3)

Волоски ржи короче и тоньше, чем волоски пшеницы.

По окраске зерно бывает зеленое, желтое, коричневое с сероватым оттенком, реже встречается красное и фиолетовое. Цвет ржи зависит от сорта ржи и места ее произрастания. Даже на одном колосе встречаются зерна разной окраски и оттенков. Химический состав зерна связан в некоторой степени с его окраской.

## СОТНОШЕНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ЗЕРНА РЖИ

Соотношение составных частей зерна ржи зависит от его размера и щуплости. Так, по Е. Д. Казакову [66], зерно ржи имеет следующие составные части (табл. 2).

Таблица 2

Составные части зерна ржи	Содержание составных частей в %	
	пределы колебаний	среднее
Плодовые оболочки	4,81—5,47	5,10
Семенные оболочки	1,90—2,76	2,32
Алейроновый слой	10,13—12,91	11,18
Эндосперм	75,96—79,19	77,69
Зародыш	3,43—4,01	3,71

Фактически эти колебания могут быть еще больше.

Одни образцы ржи имеют тонкую (хрупкую) оболочку, другие — толстую (мягкую) [314].

И. А. Клеев [69] дает несколько иной состав ржи (в % на с. в. табл. 3).

Таблица 3

Составные части зерна ржи	Содержание составных частей в %
Оболочки с алейроновым слоем	21,4—26,5
Эндосперм	70—75
Зародыш со щитком	3,5—3,6

Более подробные данные об анатомическом составе зерна ржи приводит Е. Д. Казаков [66] (табл. 4).

По сравнению с пшеницей удельный вес эндосперма ржи меньше, чем пшеницы, так как у ржи больше оболочек, алейронового слоя и крупнее зародыш.

Консистенция эндосперма зерна ржи преобладает мучнистая, но встречается полустекловидная и стекловидная. Максимальное содержание стекловидных зерен ржи 45—50%.

Таблица 4

Составные части зерна	Содержание составных частей зерна в % на сухое вещество в зависимости от цвета зерна и сорта ржи							
	зеленое		желтое		коричневое		сорт в целом	
	Вятка	Авангард	Вятка	Авангард	Вятка	Авангард	Вятка	Авангард
Плодовая оболочка	6,38	6,07	7,41	6,99	6,42	7,20	6,67	6,33
В том числе:								
слой с продольными клетками	4,85	4,58	6,02	5,37	5,01	5,69	4,97	4,81
слой с поперечными клетками	1,53	1,49	1,39	1,62	1,41	1,51	1,70	1,52
Семенная оболочка	4,76	5,10	5,99	5,96	5,77	5,13	5,51	5,32
Алейроновый слой	10,86	11,21	11,03	12,17	11,36	11,84	11,00	11,91
Зародыш (эмбрион)	1,45	1,54	1,58	1,49	1,52	1,53	1,50	1,53
Щиток	1,99	2,09	2,15	2,11	2,16	1,94	2,06	2,09
Эндосперм	74,56	73,99	70,84	71,28	72,77	72,36	72,23	72,82
Вес оболочки без алейронового слоя	11,40	11,17	14,40	12,95	12,19	13,83	12,21	11,65
Вес оболочки с алейроновым слоем	22,00	22,38	25,43	25,12	23,55	24,67	23,21	23,56
Вес зародыша со щитком	3,44	3,63	3,73	3,60	3,68	3,47	3,56	3,62

## СОРТА РЖИ

Рожь возделывается в основном как озимая культура.

Ввиду перекрестного опыления у ржи нет такого большого количества сортов, как у пшеницы.

Межсортовое скрещивание повышает урожай и улучшает качество зерна, в особенности у гибридов первого поколения. Поэтому практикуют совместный высев смеси двух сортов, что тоже ведет к уменьшению сортового различия.

В 1957 г. Государственной комиссией по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур районирован 51 сорт озимой ржи [230].

Лучшие сорта озимой ржи для Нечерноземной полосы—Вятка; Центрально-черноземной полосы—Харьковская-194 и Лисицына, Юго-Востока—Волжанка и Саратовская-1 (ВСХВ, 1955 г.).

Эти сорта ржи характеризуются следующими данными:

Вятка—самый распространенный сорт в Советском Союзе, выведен на Фаленской (б. Вятской) селекционной станции из

местной ржи. Имеет средний и длинный призматический с квадратным сечением колос с крупными (абсолютный вес в среднем 25 г) зернами овально-удлиненной формы, серо-зеленого цвета. Высокоурожайный и морозоустойчивый сорт. Из этого сорта выведен сорт Вятка московская.

Харьковская-194, сорт выведен из Петкусской ржи Харьковской селекционной станции. Колос плотный, крупный, зерно крупное (абсолютный вес более 25 г), серо-зеленого цвета. Сорт более зимостойкий, чем Петкуская рожь.

Лисицына—выведен на Шатиловской селекционной станции из местной ржи П. И. Лисицыным, обладает очень плотным удлиненно-эллиптическим колосом, отсутствует чреззерность. Зерно овальное, зеленого цвета (с примесью желтых и коричневых зерен), среднего размера (абсолютный вес 20—25 г).

Волжанка—выведен в Научно-исследовательском институте сельского хозяйства Юго-Востока из местной Елисеевской ржи. Имеет овальное зерно средней величины, серо-зеленого цвета, с примесью желтых и коричневых зерен. Обладает высокой урожайностью, зимостойкостью и засухоустойчивостью.

Саратовская-1—выведен в научно-исследовательском институте сельского хозяйства Юго-Востока, засухоустойчивый и зимостойкий сорт, но менее урожайный, чем Волжанка. Зерно овальное, средней величины, желто-зеленого цвета.

Посевы яровой ржи занимают очень небольшую площадь главным образом в Восточной Сибири в виде местных сортов; из селекционных сортов имеет распространение Онохойская, выведенная на Онохойской селекционной станции. Сорт урожайный, имеет удлиненное зерно серо-зеленого цвета.

На Ставропольской селекционной станции выведена многолетняя рожь кормового и зернового типа. На седьмой год после посева каждый куст ржи имел от 300 до 500 побегов [49].

Кроме вышеуказанных сортов, высевают гибриды.

Ржано-пшеничные гибриды получены скрещиванием ржи с пшеницей. Они обладают внешними признаками пшеницы и зимостойкостью ржи. Саратовская селекционная станция, ведущая гибридизацию ржи и пшеницы с 1918 г., вывела много гибридных сортов. Гибрид 46/131, полученный скрещиванием озимой пшеницы Эритроспермум с озимой рожью Елисеевской, имеет распространение в Тамбовской, Пензенской, Саратовской и других областях. Этот сорт дает большой урожай и обладает хорошими мукомольно-хлебопекарными свойствами.

Все культурные сорта ржи СССР (в соответствии с условиями основного места происхождения) по биологическим и морфологическим особенностям разбиваются на следующие четыре экологические группы: 1. Северорусская (северные зоны Европейской части СССР, включая западные и восточные районы); 2. Западноевропейская низменная (западные районы

УССР и БССР, Прибалтийские республики); 3. Степная (степные и лесостепные районы Европейской и Азиатской части СССР); 4. Восточносибирская (Красноярский край, Бурятская АССР и Якутская АССР) [248].

### БОЛЕЗНИ РЖИ

Наиболее опасным грибным заболеванием ржи является спорынья *Claviceps purpurea*; иммунных к ней форм еще не выведено; во время цветения колоски и цветки ржи раскрыты, в результате чего аскоспоры и конидии спорыньи проникают в зерно.

Кроме того, рожь заболевает следующими болезнями: мокрой, или твердой, головней (*Tilletia secalis* Kühn), пыльной и стеблевой головней, стеблевой (линейной) и бурой ржавчиной [212].

### СТАНДАРТИЗАЦИЯ РЖИ

На продовольственную рожь имеется два общесоюзных стандарта: на рожь заготавливаемую и рожь распределяемую.

Как заготавливаемая, так и распределяемая продовольственная рожь имеет три типа:

1. Озимая северная, делящаяся в свою очередь на пять подтипов (Прикамская, Поволжская, Центральночерноземная, Сибирская и Северозападная).

2. Озимая южная, делящаяся на два подтипа (Украинская, Северокавказская).

3. Яровая подтипов не имеет.

Рожь распределяемая должна быть негреющейся и незатхлой.

В зависимости от природы, засоренности, влажности и крупноты зерна рожь распределяемая делится на пять классов (табл. 5).

Таблица 5

Номера классов	Натура	Предельное содержание в %			Влажность в %	Проход через сито 1,4×20 мм в %
		сорной примеси		зерновой примеси		
		всего	в том числе вредной примеси			
1	730	1	0,2	1	15,5	10
2	715	1	0,2	2	15,5	10
3	700	2	0,2	3	15,5	10
4	685	2	0,2	3	16,0	12
5	Нижний предел не установлен	3	0,2	3	16,0	15

Натурный вес ржи колеблется от 630 до 760 г/л.

К зерновой примеси во ржи относят целые и поврежденные зерна других хлебных злаков.

Целые и поврежденные, но не отнесенные к зерновой примеси зерна ржи и пшеницы относятся к основному зерну.

Смесь ржи с пшеницей или ячменем носит названия «суржа», «суржик», «махлот» [4].

### ХАРАКТЕРИСТИКА РЖИ ПО ОСНОВНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Данные по качеству ржи по отдельным странам за 1954—1955 гг. приведены в табл. 6.

Таблица 6

Страна	Зольность в %	Натура в г/л	Вес 1000 зерен в г	Содержание оболочек в %	Мальтовое число в %	Белок в %	Кислотность в °	Амлограмма в единицах прибора
СССР . . . . .	1,72	75,0	22,2	13,6	1,4	12,5	3,5	530
США . . . . .	1,78	74,1	18,8	12,9	1,6	14,3	4,3	190
Канада . . . . .	1,80	75,4	16,8	13,3	1,6	14,0	3,7	390
Турция . . . . .	1,88	73,9	22,6	14,5	1,4	10,4	3,1	455
Аргентина . . . . .	2,20	75,4	13,5	15,3	1,9	15,9	4,5	1000

Данные Ф. Н. Коровина, В. М. Базарновой [85], характеризующие качество ржи разных сортов, приведены в табл. 7.

Таблица 7

Сорт ржи	Годы сбора зерна	Влажность в %	Зольность в %	Содержание белка (N×6,25) в %	Абсолютный вес в г на с. в.	Натура в г/л	Действительная активность в мг мальтозы
Авангард	1943—						
	1945	13,9	1,95	13,13	18,7	725	330
	1947						
Безенчукская	1944						
	1947—	12,1	1,88	17,49	15,6	735	297
	1949						
Воронежская	1944—						
	1945						
	1947—	11,9	1,86	15,04	18,5	736	280
	1949						

Продолжение

Сорт ржи	Годы сбора зерна	Влажность в %	Зольность в %	Содержание белка (N x 6,25) в %	Абсолютный вес в г на с. в.	Натура в г/л	Диастатическая активность в мг мальтозы
Вятка	1943—1945	12,9	1,88	13,63	19,8	718	300
	1947—1949						
	1944—1945						
Вятка московская	1945—1947	12,4	1,91	12,89	20,1	729	296
	1949						
	1944—1945						
Елисейевская	1947—1949	12,1	1,71	16,73	15,4	738	298
	1944						
	1947—1949						
Лисицына	1947—1949	12,3	1,96	14,67	19,1	726	286
	1945						
Новозыбковская-М-4	1947—1949	11,3	1,80	14,32	19,4	740	307
	1943—1945						
	1947—1949						
Омка	1945—1947	12,9	1,86	16,54	15,0	714	314
	1949						
	1945						
Тарашанская-2	1947—1949	11,4	1,93	14,87	22,4	722	310
	1945						
	1947—1949						
Тульская-1	1947—1949	12,8	1,81	13,07	20,1	731	296
	1945						
	1947—1949						
Харьковская-194	1947—1949	11,4	1,87	14,0	21,6	725	301
	1945						

## СОЗРЕВАНИЕ ЗЕРНА РЖИ

Биохимию созревания зерна ржи подробно изучали В. Крето-вич, Р. Токарева, И. Петрова, Т. Дроздова, Л. Ауэрман и Н. Смолина [101, 102]. Авторы установили закономерное снижение содержания низкомолекулярных веществ в созревающем зерне. Так, количество непосредственно восстанавливающих сахаров снижается от 1,37—2,20% при молочной спелости до 0,3—0,4% у полностью созревшего зерна. Содержание небелковых азотистых веществ соответственно понижается по мере созревания с 24 до 8,5% от общего количества азотистых веществ.

Интересно отметить, что активность амилазы на первой стадии созревания зерна возрастает, а затем — падает. Авторы объясняют это явление тем, что в созревающем зерне происходят одновременно два процесса — приток новых количеств амилазы и в то же время инактивирование ее за счет перехода в зимогенное состояние. В ранний период созревания зерна преобладает первый процесс, а в дальнейшем — второй. При этом подчеркивается, что активность растворимой  $\alpha$ -амилазы отмечена только в самой первой стадии созревания зерна. Осахаривающая способность амилазы, атакуемость крахмала амилазой и амилитическая способность все время снижаются по мере созревания зерна. То же можно сказать и о белково-протеазном комплексе: при созревании зерна снижается протеолитическая активность, атакуемость белков ржи папаином и количество водорастворимого белка. Мука, смолотая из зерна ржи, убранных при восковой спелости, обладает нормальными хлебопекарными свойствами.

Альтерматт и Нейш [267] показали, что в пшенице исходным материалом для синтеза целлюлозы и ксилана служит глюкоза.

Большую роль в обмене веществ в растительном организме играют органические кислоты — ди- и трикарбоновые: пировиноградная, яблочная, уксусная, муравьиная. Доказано присутствие в злаках лимонной кислоты.

С. В. Солдатенков, Т. А. Мазурова и А. Н. Пантелеев [223, 229] изучали образование и превращение органических кислот при прорастании и созревании семян. Оказалось, что в семенах пшеницы органические кислоты находятся в виде солей в количестве 0,2—0,8%. Уксусная кислота составляет до 50—70% от общего количества кислот, яблочной и лимонной кислоты содержится 5—10%.

Динамика изменения органических кислот (в мг на 1000 семян) при созревании пшеницы и ржи приведена в табл. 8.

Абсолютное количество органических кислот при созревании возрастает, при этом процент кислот к общему сухому весу семян падает. Уже со стадии молочной спелости аконитовая кислота совершенно исчезает, значительно увеличивается количест-



Таблица

Сорт	Фаза спелости	Вес 1000 семян в г	Всего кислот		Легучие в мг
			в мг	в % к молочной спелости	
Рожь, сорт 1160, озимая	Молочная	13,0	120	100	39
	Полная	43,4	159	133	124
Пшеница:					
Кооператорка, озимая,	Молочная	14,6	135	100	58
	Полная	42,8	155	115	72
Боровичская, озимая,	Молочная	7,93	115	100	28
	Восковая	38,2	140	117	69
Тудун, яровая	Молочная	23,5	107	100	46
	Восковая	44,8	130	121	63

Продолжение

Сорт	Фаза спелости	Ди- и трикарбоновые кислоты					Общее количество кислот в % на с. в.
		всего в мг	яблочная в мг	лимонная в мг	яконовая в мг	неизвестные в мг	
Рожь, сорт 1160, озимая	Молочная	81	50	11	0	20	0,96
	Полная	62	34	14	0	14	0,37
Пшеница:							
Кооператорка, озимая,	Молочная	77	37	12	0	28	0,93
	Полная	83	11	16	0	56	0,36
Боровичская, озимая,	Молочная	87	46	7	0	34	0,73
	Восковая	71	24	9	0	34	0,38
Тудун, яровая	Молочная	61	17	5	0	39	0,46
	Восковая	67	14	7	0	46	0,29

во летучих кислот, в то время как количество яблочной кислоты падает, количество лимонной — растет.

Н. И. Проскураков, И. Н. Маслов и К. Н. Чижова [186] изучали изменение углеводно-амилазного комплекса и автолитической активности при созревании и прорастании семян ржи. По их данным, высушенное зерно ржи на разных стадиях созревания характеризовалось следующими показателями (табл. 9).

Как видно из таблицы, за время от поздней молочной до полной технической спелости зерна мало изменяются автоли-

Таблица 9

Дата уборки и стадии спелости	Влажность в %	Вес 1000 зерен в г	Автолитическая активность			Диастатическая активность по Раузеру	Крахмал в %	Углеводы	
			прямым способом	с молочной кислотой, рН 3,7	с солодово-глицериновой вытяжкой			непосредственно восстанавливающие сахара	общее количество в пересчете на глюкозу
19/VII — поздняя, молочная . . . . .	12,0	19,18	23,9	23,7	44,8	239,8	44,1	0,33	67,13
25/VII — средняя, восковая . . . . .	12,0	26,34	27,3	26,3	47,0	220,4	46,07	0,27	72,95
2/VIII — полная, техническая . . . . .	12,3	31,40	30,9	29,2	44,8	250,1	49,9	0,33	79,36

тическая и диастатическая активность, декстринирующая способность зерна. За это же время растет как общее количество углеводов, так и количество крахмала. При двухмесячном хранении свежесобранного зерна увеличивалось количество крахмала в нем.

В зерне ржи большое значение имеют слизи, в основном состоящие из пентозанов. Они, безусловно, имеют значение не только как скелетные, но и в большей степени как запасные вещества; на легкую их гидролизуемость указывал Н. Булгаков [30]; В. Л. Кретович и И. С. Петрова [94] изучали превращения слизей при прорастании и созревании зерна ржи. Результаты их исследований приведены в табл. 10.

При созревании зерна уменьшается общее количество водорастворимых пентозанов и в первую очередь низкомолекулярных. Авторы предполагают, что они переходят в нерастворимые гемицеллюлозы. При прорастании зерна наблюдается обратный процесс — увеличение всех видов пентозанов.

Коллоидные изменения в зерне ржи при его созревании изучали А. Г. Кульман, Р. А. Бранопольская [112], А. М. Голдовский [43]. При потере воды и изменении ферментативной активности вещество зерна из состояния золя в вегетативных формах растения переходит в состояние сухого твердого геля при технической спелости [43]; происходят процессы полимеризации и ассоциации, приводящие к образованию в зерне высокомолекулярных органических соединений [112].

Таблица 10

Пентозаны	Зерно урожая 1946 г.					
	фаза спелости				техническая	
	молочная	ранняя восковая 1/VII	восковая 8/VII	восковая 11/VII	24/VII	29/VIII
Влажность в % . . . . .	64,3	60,1	51,1	49,0	10,1	12,4
Общее количество водорастворимых пентозанов в % на с. в. . . . .	2,47	2,19	1,95	1,96	1,34	1,38
Высокомолекулярные пентозаны в % на с. в. . . . .	1,80	1,85	1,95	1,90	1,31	1,37
Низкомолекулярные пентозаны в % на с. в. . . . .	0,67	0,34	0,00	0,06	0,03	0,01
Свободные пентозаны в % на с. в. . . . .	—	—	—	—	—	—

Продолжение

Пентозаны	Зерно урожая 1946 г.		Зерно урожая 1947 г.		
	прорастание		фаза спелости		
	3-й день	6-й день	ранняя восковая 7/VII	восковая 11/VII	техническая 29/VII
Влажность в % . . . . .	53,2	67,2	59,9	51,7	11,5
Общее количество водорастворимых пентозанов в % на с. в. . . . .	3,13	4,07	1,88	1,48	1,07
Высокомолекулярные пентозаны в % на с. в. . . . .	2,76	2,98	1,51	1,43	1,00
Низкомолекулярные пентозаны в % на с. в. . . . .	0,37	1,09	0,37	0,05	0,07
Свободные пентозаны в % на с. в. . . . .	—	—	0,28	0,03	0,00

При созревании зерна снижается общая гидрофильность коллоидов, определяемая по уменьшению способности связывать воду, снижению водной пептизации и относительной вязкости, а также по увеличению скорости фильтрации тонких суспензий.

Изменения коллоидно-химических свойств зерна ржи (в %) при созревании (по Кульману) приведены в табл. 11.

Таблица 11

Условия созревания и дозревания	Фаза спелости	Влажность	Способность связывать воду	Количество растворимых веществ	Количество растворимых коллоидов	Относительная вязкость
Созревание на корню	Ранняя восковая	64,5	262,0	35,7	6,77	—
	Восковая	59,3	258,0	24,2	5,30	—
	Поздняя восковая	51,7	213,0	18,3	4,10	—
Послеуборочное дозревание	Полная	50,1	200,0	17,6	5,92	—
	Восковая (после обмолота)	17,4	103,0	18,6	6,91	9,48
	Подная (после хранения в снопах)	20,1	58,0	16,1	5,82	8,62
	Полная (после обмолота)	17,5	55,3	18,0	5,75	7,50

Процессы, происходящие в зерне на корню, продолжают и после уборки в снопах и в обмолоченном зерне.

Леманн и Айхеле [116] указывают на короткий период послеуборочного дозревания ржи.

#### ПРОРАСТАНИЕ ЗЕРНА РЖИ

Для прорастания зерно должно поглотить некоторое количество воды; у ржи при набухании зерно поглощает воды примерно 38% к исходному весу зерна. При этом зародыш поглощает значительно больше, чем эндосперм. Так, по опытам Фильтера (цит. по Леманну и Айхеле [116]), отделенные зародыш и эндосперм при 20° поглощают воды в % (табл. 12).

Таблица 12

Культура	Зародыш		Части эндосперма той же величины	
	через 4 час.	через 24 час.	через 4 час.	через 24 час.
Рожь . . . . .	26	53,5	15,0	25,3
Пшеница . . . . .	20	45,4	7,1	15,3

По опытам А. М. Голдовского в воздушносухом зерне вся вода находится в связанном состоянии. При увеличении процента влажности появляется свободная вода и резко увеличивается

интенсивность дыхания. Голдовский предполагает, что этот момент для пшеницы наступает при влажности 14—15%.

При замораживании набухшего зерна замерзает только свободная вода, по количеству которой можно судить о состоянии воды в зерне. Леманн и Айхеле приводят по разным культурам следующие данные на с. в. (табл. 13).

Таблица 13

Культуры	Вес воздушно-сухого зерна в г	Вес набухшего зерна в г	Вода	
			поглощенная в см <sup>3</sup>	замерзшая в %
Пшеница яровая . . .	11,21	18,29	2,88	25,70
"    озимая . . .	11,25	18,51	3,36	30,10
Ячмень . . . . .	10,77	18,08	4,31	40,02
Рожь . . . . .	10,23	18,15	3,92	40,20

Наибольший процент свободной (замерзшей) воды был у ржи и ячменя.

Физиологические свойства ржи в зависимости от количества поглощенной воды подробно изучал Л. Н. Любарский [128—131]. Он установил, что наклевывание зерна происходит в среднем при поглощении 50% воды, а прорастание — при 77%.

При изучении процессов, происходящих при прорастании зерна, надо учитывать, что одновременно происходят гидролиз запасных веществ и синтез при образовании тканей нового растения.

Большое значение при прорастании имеют температурные условия. Рожь прорастает при более низкой температуре, чем пшеница.

При прорастании прежде всего усиливаются ферментативные процессы (т. е. активность гидролаз и ферментов дыхания). Предполагается, что прежде всего активизируются протеолитические ферменты, а в результате их воздействия на белковые соединения освобождаются другие гидролизующие ферменты, в первую очередь  $\alpha$  и  $\beta$ -амилазы.

Ферменты сосредоточены в зародыше (в основном в щитке), но имеются также в эндосперме и других частях зерна.

В процессе прорастания зерна активизирующиеся ферменты вызывают глубокий гидролиз запасных питательных веществ вплоть до гемицеллюлоз. Степень гидролитического распада этих веществ, в первую очередь крахмала и белков, зависит от времени проращивания. Образующиеся растворимые кристаллоидные вещества поступают с током воды через всасывающие клетки щитка в зародыш, где и служат питанием для размножающихся клеток. Подсушиванием зерна на любой стадии его прорастания можно прекратить ферментативные процессы.

Биохимические и коллоидные изменения при замачивании и прорастании зерна ржи (данные Т. С. Лурье и Л. Я. Ауэрмана [121]) приведены в табл. 14.

Таблица 14

Образцы муки	Влажность в %	Кислотность в °	Диастатическая активность по Рамзею (в мг мальтозы на 10 г муки)	Активность амилазы по Глазунову в мг мальтозы на 100 мг муки	Количество крахмала по Проскуркову—глюкоза в %	Атакующесть крахмала—мальтоза в %	Непосредственно восстанавливающие сахара в %
№ 1 контрольный . . . . .	15,2	3,4	251,0	7,0	51,8	30,3	0,13
№ 2 из замоченного зерна . . . . .	13,4	3,9	349,0	—	—	—	0,19
№ 3 из зерна, проращиваемого 24 часа . . . . .	13,2	4,8	622,0	5,8	47,2	44,3	0,7
№ 8 из зерна, проращиваемого 72 часа . . . . .	13,0	9,4	1091,0	88,0	46,7	57,3	0,84

Продолжение

Образцы муки	Декстрины в %	Водорастворимые вещества по Проскуркову в %	Протеолитическая активность—прирост аминного азота за 44 часа при 40° в % к общему азоту	Общий азот в %	Водорастворимый азот в % к общему азоту	Высота кривой амилорама в единицах прибора
№ 1 контрольный . . . . .	3,11	23,8	1,62	1,78	33,3	840
№ 2 из замоченного зерна . . . . .	3,10	38,1	1,76	1,88	—	540
№ 3 из зерна, проращиваемого 24 часа . . . . .	4,13	75,5	2,33	1,80	36,4	58
№ 8 из зерна, проращиваемого 72 часа . . . . .	6,18	75,9	9,55	2,08	40,38	30

За счет гидролиза крахмала и белков (которые убывают) значительно увеличивается количество водорастворимых веществ вообще, и в частности водорастворимых азотистых веществ.

В первый период прорастания семян и роста растения (20-дневные проростки) количество органических кислот значительно увеличивается (в 2—5 раз). Изменяется состав кислот. Появляется аконитовая кислота, отсутствующая в покоящихся семенах, а уже в 20-дневных проростках она составляет 60% от ди- и трикарбоновых кислот, значительно увеличивается количество яблочной и лимонной кислот, количество же уксусной кислоты сильно снижается.

### УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОРОСШЕГО ЗЕРНА РЖИ

Хлеб, выпеченный из муки, смолотой из проросшего зерна, имеет сыропеклый, липкий, влажный на ощупь мякиш, неравномерную пористость с пустотами (иногда закал), темную корку, иногда вогнутую.

Примесь при помоле только 5% проросших зерен ржи уже ухудшает хлебопекарные свойства муки.

Обычно проросшее зерно имеет повышенную влажность.

Проведен ряд работ по улучшению хлебопекарных свойств проросшего зерна и муки, смолотой из такого зерна. В основном все мероприятия сводятся к термической и гидротермической обработке зерна и муки.

Еще М. П. Нейман [152] (1928 г.) снижал амилотическую активность муки из проросшего зерна подсушиванием ее до влажности 11% при температуре от 35 до 42°.

Т. С. Лурье и Л. Я. Ауэрман [121] установили положительное влияние термической обработки на проросшее зерно. При температуре теплоносителя (воздуха) 100° и экспозиции сушки 20 мин. резко улучшаются хлебопекарные свойства муки, смолотой из зерна, проращиваемого в течение одних суток. Отмечается резкое снижение активности протеолитических ферментов у зерна 3-суточного прорастания (в 3,7 раза); углеводно-амилазный комплекс муки при этом изменяется очень мало, в результате чего улучшаются физические свойства белков, что понижает разжижение теста.

Н. И. Люшинская и Л. Я. Ауэрман [132] проводили опыты по сушке зерна ржи в течение 40—50 мин. при конечной температуре зерна от 54 до 70°. Зерно поступало на сушку влажностью от 22,0 до 24,5% и высушивалось до влажности 11,9—9,2%.

Наибольшее снижение активности  $\alpha$ -амилазы (на 50%) было достигнуто при конечной температуре зерна 70° (температура воздуха в сушилке 120—170°). Также отмечается уменьшение активности  $\beta$ -амилазы (на 40%), протеолитических ферментов и каталазы.

При таких условиях сушки, по-видимому, происходила частичная денатурация белка, так как растворимость азотистых веществ в воде и спиртовом растворе уменьшалась.

Было проверено, сохраняется ли полученный положительный эффект сушки зерна ржи при хранении муки, смолотой из подсушенного зерна. После 8 месяцев хранения было отмечено некоторое повышение активности  $\alpha$ -амилазы и увеличение содержания водорастворимых веществ.

Денатурация белков по изменению растворимости азотистых веществ в воде и 70%-ном растворе спирта не наблюдалась.

Дидеринг, изучавший свойство проросшей ржи на амидографе, установил, что разжижение крахмала происходит только при выпечке, когда температура проходит интервал 55—57°, при этом наибольшее разжижение крахмала наблюдается у ржи, меньше — у пшеницы и еще меньше — у ячменя.

Для улучшения качества проросшего зерна автор считает, что нужен не сухой прогрев, а влажный (гидротермическое воздействие). Он пропаривал ржаную муку влажным паром в течение 5, 10, 15 и 30 мин. при атмосферном давлении. Было отмечено, что обработка продукта в течение 15 мин. вполне достаточно для полной инактивации амилазы; при этом влажность муки не увеличивалась.

Л. Я. Ауэрман, В. В. Щербатенко, Т. С. Лурье и др. предложили [20] следующий режим гидротермической обработки проросшего зерна ржи: температура в шнеках 75—85°, продолжительность обработки 2 мин., давление пара 0,2—0,4 атм, при этом конечная влажность зерна достигала 23—25%, температура зерна — 75—78°. После этого зерно охлаждают, подсушивают до кондиционной влажности. При приготовлении теста из муки, смолотой из проросшего зерна ржи, подвергавшейся гидротермической обработке, рекомендуются следующие условия: начальная температура головки 28—29°, теста 30—31°, конечная кислотность головки 13—14°, теста 9,5—10,5°.

Вольфер [329] предлагает при работе с ржаной мукой из проросшего зерна увеличивать количество закваски до 50% или применять нормальное количество ее в комбинации с сухой закваской и с закваской, содержащей клейстеризованную муку.

Дидеринг предлагает добавлять до 10% улучшителя (хлебопекарный порошок, состоящий из 100 частей пирофосфата натрия, 70 частей бикарбоната натрия и 25 частей пшеничного крахмала). Свенсон [322] отмечает положительное влияние на ржаное тесто из муки проросшего зерна дрожжей или дрожжевой вытяжки с малой ферментативной активностью.

### РАЗМОЛ РЖИ

Зерно ржи отличается от зерна пшеницы по форме — оно более длинное, узкое, острое. Бороздка входит в зерно более глубоко.

Оболочки зерна ржи более прочно срослены с эндоспермом, чем в пшенице. Оболочки зерна ржи толще оболочек зерна пшеницы на 60—80% [238].

У ржи вязкость оболочек и эндосперма больше, чем у пшеницы. Особенно большая разница наблюдается при увеличении влажности зерна ржи.

Эти особенности строения и структурно-механических свойств зерна ржи вызывают необходимость применения особых приемов при его размоле.

Рожь в отличие от пшеницы обладает большей гигроскопичностью. При увлажнении ржи вязкость оболочек и эндосперма значительно увеличивается. Я. Н. Куприц [114] отмечает, что при доведении влажности зерна ржи до 20% «рифли начали забиваться, так как эндосперм превратился в липкую массу, замазывающую рифли». Он считает, что максимальное увлажнение ржи не должно превышать 19%.

При увлажнении ржи значительно увеличивается длительность размолы. Так, при увлажнении пшеницы с 12 до 20% время, необходимое для ее размолы, увеличилось с 73 до 107 сек., а у ржи при меньшем увлажнении — от 89 до 265 сек.

Характерно, что эта разница тем больше, чем больше выход муки. При выходах до 60% время размолы ржи и пшеницы не так резко расходится, поэтому Куприц считает, что при сортовом помоле ржи следует применять увлажнение. Более высокая температура при замочке увеличивает вязкость зерна.

При драном процессе из ржи возможно извлечь до 40% крупок и около 12% дунстов [1]. В результате срастания оболочек ржи с эндоспермом получается небольшое количество чисто эндоспермовых частиц, поэтому оставшийся эндосперм отделить трудно.

При мучнистом эндосперме ржи получается больше муки и меньше промежуточных продуктов, чем при ржи со стекловидным эндоспермом. Для стекловидной ржи требуются более полные драный и размольный процессы. Из стекловидной ржи мука получается с желтоватым оттенком, аналогичным цвету пшеничной муки [273]. Мягкая рожь дает большее количество светлой муки, чем стекловидная.

Прокофьев (цит. по В. и В. Антроповым [4]) отмечает, что лучшими в мукомольном отношении являются мелкие зерна ржи, т. е. выход лучших сортов муки обратно пропорционален абсолютному весу зерна. Мукомольное качество ржи зависит также от района произрастания зерна и его цвета.

М. И. Княгиничев [70], изучая сопряженность физико-химических признаков зерна пшеницы с выходом муки, установил, что о мукомольных качествах зерна дают представление натура и отношение толщины зерна к глубине бороздки (величина  $x$ ). Возможно, что эта зависимость имеется и у ржи.

Увеличение температуры при размоле повышает вязкость ржи, что нежелательно, поэтому при помоле ржи необходимо охлаждать валки,

Мукомольные свойства ржи разных стран за 1954—1955 гг. [287], выходы и потребляемая энергия при размоле приведены в табл. 15.

Таблица 15

Страна	Крупка в %	Мука в %	Содержание растворимых веществ в %	Крупные отруби в %	Мелкие отруби в %	Потребность в энергии в ккал
СССР . . . . .	62,7	62,6	49,5	6,7	30,6	0,17
США . . . . .	59,6	63,0	46,8	8,1	32,3	0,20
Канада . . . . .	56,7	62,2	44,4	9,8	33,6	0,22
Турция . . . . .	63,2	62,2	52,2	8,2	28,6	0,17
Аргентина . . . . .	54,3	61,7	43,0	11,8	33,9	0,19

Существуют следующие помолы ржи:

1. **Обойный помол** с выходом 95—99% без отбора отрубей производится на товарных мельницах по схеме простого повторного помола на пяти-шести драных и одной-трех размольных системах.

2. **Обдирный помол** с выходом 85—87% с некоторым отбором отрубей производится по схеме простого повторного помола на пяти драных и двух размольных системах. При этом применяются более частые сита, чем при обойном помоле.

3. **Сортовые или сложные помолы** ржи с получением 15% сеяной и 65% обдирной муки или только 63% сеяной. Эти помолы производятся по более сложной схеме [1].

В СССР узаконены следующие помолы (табл. 16).

Таблица 16

Продукты помола	Выходы в % при помолах			
	сеяный	двусортный	обдирный	обойный
Мука сеяная . . . . .	63	15	—	—
Мука обдирная . . . . .	—	65	87	—
Мука обойная . . . . .	—	—	—	97,5

В странах Европы ржаную муку вырабатывают с выходом от 75 до 83%, иногда в виде так называемого шрота с выходом до 99%.

В США имеется четыре основных типа ржаной муки:

1. **Белая ржаная мука**, соответствует сорту пшеничной муки «патент». Эндоспермовая мука ржаного помола, бедная белком, типа нашей пшеничной муки высшего сорта.

2. Средняя ржаная мука, соответствует сорту пшеничной муки «страйт», типа нашей пшеничной муки I сорта. Помол ведется с отбором отрубей, зольность муки не выше 1%, цвет светло-серый. Применяется для приготовления среднего и темного сортов хлеба (чешский, польский, русский).

3. Темная ржаная мука, остаток после отбора «патента», соответствует сорту пшеничной муки «клир». Она содержит до 2%, белка 16%, темная по цвету, применяется для выработки темного круглого хлеба.

4. Ржаная мука простого помола, без отсева отрубей, служит для производства хлеба «лумперникель».

Надо иметь в виду, что большинство так называемых ржаных сортов хлеба в США выпекается из смеси ржаной (от 20 до 35%) и пшеничной муки.

В США на мельницах муку вырабатывают с гарантированным содержанием витаминов и железа.

Бъеши [271] рекомендует диастатическую активность ржаной и пшеничной муки доводить до определенной постоянной величины добавлением солодедой муки.

#### ИЗМЕНЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В РЖАНОЙ МУКЕ ПРИ ОТЛЕЖКЕ

Непосредственным продолжением биохимических процессов, протекающих при созревании зерна, являются изменения, происходящие при отлежке муки.

Отлежка пшеничной сортовой муки после помола, в особенности из свежесобранного зерна, в большинстве случаев положительно отражается на качестве выпекаемого хлеба: исчезает липкость, расплывчатость, увеличивается объем хлеба. Процесс созревания пшеничной муки изучался многими исследователями. Установлено, что при этом улучшаются физические свойства клейковины под влиянием ненасыщенных жирных кислот, образующихся при гидролизе жира муки, а также под влиянием окислительных процессов, вызывающих инактивацию ферментов.

Изучение качества ржаной муки при хранении дало совершенно другие результаты. Подтвердился практический опыт, в частности наблюдаемый и нами [215], что ржаная обойная мука не требует отлежки, так как при хранении муки качество ее не улучшается.

В работах В. Кретовича, Р. Токаревой, Л. Ауэрмана, Н. Смолиной, А. Кульмана и Р. Бранопольской [100] установлены следующие изменения химических показателей ржаной муки при хранении (табл. 17).

Как видно из данной таблицы, амилолитическая активность по Рамзею и кислотное число жира, как правило, по мере хранения муки возрастают, а вязкость мучной болтушки падает. Доказательством того, что при хранении происходят окислительные процессы, является изменение содержания восстановленного глутатиона в муке (табл. 18).

Таблица 17

Год урожая	Сорт ржи и область произрастания	Фаза спелости зерна	Показатели	Продолжительность хранения муки в днях					
				сразу после помола	15	30	60	120	240
1944	Вятка, Московская область	Восковая	Амилолитическая активность (в жг мальтозы на 10 г муки)	231	231	251	250	—	300
			Кислотное число жира	21,8	23,0	24,1	35,5	40,9	43,7
		Техническая	Амилолитическая активность	177	177	172	224	—	285
			Кислотное число жира	16,2	16,8	19,0	33,0	43,7	46,5
		Восковая	Амилолитическая активность	255	347	—	338	304	310
			Кислотное число жира	33,6	35,6	37,2	38,1	43,7	54,9
1945	Рядовая, Московская область	Техническая	Амилолитическая активность	312	367	—	340	322	327
			Кислотное число жира	28,6	33,6	33,6	35,3	38,1	49,3
		Восковая	Амилолитическая активность	307	300	312	300	294	323
			Кислотное число жира	20,7	24,6	46,5	—	53,8	54,5
		Техническая	Вязкость мучной болтушки	13,9	14,2	16,3	9,4	8,6	8,1
			Амилолитическая активность	207	217	206	—	238	242
1946	Рядовая, Московская область	Восковая	Кислотное число жира	19,6	21,8	25,0	—	46,5	48,0
			Вязкость мучной болтушки	14,5	15,9	15,0	9,1	9,0	9,7
		Техническая	Амилолитическая активность	126	137	146	152	143	—
			Вязкость мучной болтушки	26,3	21,0	20,1	17,4	17,2	—
		Техническая	Амилолитическая активность	132	128	143	157	169	—
			Вязкость мучной болтушки	20,0	19,2	17,1	16,2	12,3	—

Таблица 18

Мука из зерна спелости	Содержание восстановленного глутатиона в мг % при продолжительности хранения муки в днях							
	0	1	2	3	5	7	9	16
Восковой . . . . .	78,4	55,6	44,6	42,5	44,5	44,5	43,0	45,0
Технической . . . . .	76,7	58,4	44,8	45,5	43,0	42,0	44,6	44,4

Хлебопекарные испытания муки показали, что по ряду показателей (объемный выход, пористость) хлеб, выпеченный из муки без отлежки, был лучше. В частности, вкус и аромат были лучше в хлебе из муки, выпеченном сразу же после помола.

Шулеруд [314] также считает, что ржаная мука из целого зерна не нуждается в отлежке.

Н. И. Соседов и Н. И. Андреева [231] считают, что для ржаной муки с повышенной влажностью должно быть установлено следующее время хранения:

Влажность муки в %	Срок хранения в сутках
16	до 55
17	• 45
18	• 10

## ГЛАВА II

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РЖИ И РЖАНОЙ МУКИ

По химическому составу зерно ржи отличается от зерна других злаков.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Химический состав зерна ржи различными авторами представлен различно.

Так, Шаль [307] в своих известных таблицах химического состава продуктов питания дает следующий состав зерна ржи (табл. 19).

Таблица 19

Зерно	Влажность в %	Белковый азот в %	Общий азот в %	Жир в %	Углеводы в %
Цельное . . . . .	13,4	11,2	13,0	1,6	69,1
С частичным удалением оболочек . . . . .	11,9	10,9	13,0	1,3	72,4
С более полным удалением оболочек . . . . .	9,5	9,8	11,0	1,2	76,7

При удалении оболочек процентное содержание углеводов увеличивается, а количество белка уменьшается. Форнет [249] дает следующий химический состав ржи в %:

Вода . . . . .	13,4
Белок . . . . .	11,5
Жир . . . . .	11,7
Клетчатка . . . . .	1,9
Зола . . . . .	2,0
Базазотистые ве-	
щества . . . . .	69,5
Крахмал . . . . .	60,3

В большой степени химический состав ржи зависит от крупности зерна. Л. Н. Любарский [128] в своих работах отмечает, что с величиной зерна ржи связаны биологические и технологические свойства зерна.

В табл. 20 приведен средний химический состав зерна ржи разной крупноты при 15% влажности по Нейману—Пельсенке [296].

Таблица 20

Размер зерна	Минеральные вещества в %	Белок в %	Жир (эфирная вытяжка) в %	Углеводы в %	Сырая клетчатка в %
Полное зерно . . . . .	1,5	7,2	1,5	73,2	1,6
Среднее . . . . .	1,7	9,0	1,7	70,7	1,9
Щуплое . . . . .	2,0	11,5	2,3	66,5	2,7

У щуплого зерна оболочки (по отношению к целому зерну) занимают больший процент.

Зависимость химического состава ржи от крупноты зерна и ее окраски представлена в табл. 22 (работа В. С. Смирнова и А.С. Мелениной [240]).

Рожь просеивали через набор сит с диаметром отверстий 3,0; 2,5; 2,0 мм. В колонках под этими цифрами в таблице 21 приведены результаты анализа соответствующих по крупноте фракций зерна. Предварительно рожь сортировали по цвету.

В таблице ярко отражено увеличение зольности и клетчатки в более мелких зернах.

Резко меняется химический состав ржи в зависимости от места произрастания (табл. 21).

Таблица 21

Место произрастания ржи	Влажность в %	Белок в %	Углеводы в %	Жир в %	Зола в %	Клетчатка в %	Автор
США . . . . .	—	12,03	69,64	1,84	1,74	1,36	Микини
Швеция . . . . .	13,7	7,7	—	—	1,50	—	Шулеруд
Канада . . . . .	12,6	11,6	—	—	1,58	—	Шулеруд
Аргентина . . . . .	12,1	12,9	—	—	2,05	—	Шулеруд
СССР . . . . .	13,75	15,0	65,48	1,68	1,87	2,34	Микини
. . . . .	13,85	12,4	62,25	2,17	1,45	3,23	Дебу
. . . . .	—	13,15	68,25	1,72	1,90	1,80	Кениг
. . . . .	—	14,03	65,72	1,74	2,04	2,36	Гончаренко

Основными веществами ржи являются углеводы (главным образом крахмал) — от 62,25 до 69,64% и белки — от 7,7 до 15,0%.

Таблица 22

Показатели	Химический состав зерна в зависимости от крупноты зерна и его цвета												
	3,0		2,5		2,0		3,0		2,5		2,0		Колебания
	зеленое	желтое	зеленое	желтое	зеленое	желтое	зеленое	желтое	зеленое	желтое	зеленое	желтое	
Зольность в % . . . . .	1,77	2,07	1,98	2,11	2,05	2,19	1,81	1,92	2,14	2,15	2,20	2,21	1,77—2,07
Клетчатка в % . . . . .	1,43	1,44	1,60	1,65	1,94	1,97	1,32	1,33	1,63	1,77	1,92	2,0	1,32—2,0
Жир в % . . . . .	1,98	1,92	2,03	2,0	2,05	1,50	1,97	1,86	1,91	1,90	1,97	1,89	1,86—2,03
Азотистые вещества, в % от общего азота . . . . .	15,56	13,0	12,50	13,19	11,75	12,06	16,56	15,94	15,68	15,31	14,19	12,81	12,81—15,0
В том числе:													
растворимых в 5%-ном $K_2SO_4$ . . . . .	20,1	23,08	17,04	23,20	20,76	21,22	20,40	21,65	21,82	22,6	23,32	26,85	17,04—26,85
растворимых в 70%-ном спирте . . . . .	21,8	24,10	31,5	29,4	30,0	32,0	27,9	30,6	27,1	35,5	28,6	33,6	21,8—35,5
Сахар до инверсии в % . . . . .	0,39	0,45	0,63	0,53	0,44	0,36	0,42	0,39	0,42	0,45	0,45	0,33	0,33—0,66
Сахар после инверсии в % . . . . .	6,21	5,96	6,52	6,56	6,09	6,80	6,17	5,99	5,54	5,36	5,71	6,40	5,36—6,56
Диастатическая активность по Рамзею . . . . .	150	130	152	136	142	130	178	198	188	204	192	166	130—204



## АЗОТИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА РЖИ

Белки ржи при отмывании их из теста не дают связанной клейковины, какая получается при отмывании пшеничного теста.

Но все же белки ржи играют значительную роль в образовании ржаного теста, хотя процессы, происходящие при этом, недостаточно еще изучены.

Количество белка в зерне ржи колеблется от 7,7 до 17% к весу зерна и зависит от места произрастания, климатических и почвенных условий.

Нейман—Пельсенке [296] приводят следующие данные о содержании белка в % в зерне ржи разных стран:

Аргентина . . . . .	14,8	Северная Африка . . . . .	12,3
США . . . . .	14,0	Турция . . . . .	10,4
Канада . . . . .	14,0	Бельгия . . . . .	10,1
Австралия . . . . .	13,2	Дания . . . . .	9,0

Установлено [52], что по мере перемещения посевов ржи на восток и юго-восток СССР количество белка в зерне повышается.

Указывается также [46], что географический фактор больше влияет на содержание белка, чем сорт ржи.

Содержание белка зависит также и от цвета ржи.

В свое время Фишер (цит. по Гончаренко [46]) отметил зависимость между цветом зерна и содержанием белка.

Л. Н. Любарский [128—131] установил зависимость между содержанием белка, цветом, стекловидностью и размером зерна. Крупное зеленое зерно содержит больше белка, и оно более стекловидно, чем мелкое. Крупное желтое зерно, наоборот, хотя и более стекловидно, но содержит меньше белка, чем мелкое.

### Состав белков ржи

Из белков, разделяемых по растворимости, в зерне ржи имеются: альбумин, глобулин, глиадин, глютенки.

Ниже приведен процентный состав этих белков в зерне ржи и пшеницы (в % к зерну).

	Рожь	Пшеница
Альбумин (лейкозин) . . . . .	0,4	0,4
Глобулин и протеазы . . . . .	1,7	1,0
Глиадин . . . . .	4,2	4,0
Глютеин . . . . .	2,5	4,0

Глютеин в зерне ржи определить очень трудно, поэтому разные исследователи указывают различное его содержание. Считают, что белковый состав пшеницы и ржи почти одинаков.

Отдельные белки ржи и пшеницы мало отличаются по своему элементарному составу (табл. 23) [191].

В связи с разным процентом содержания азота белковый коэффициент для пшеницы обычно принимают 5,7, а для ржи—6,25.

Таблица 23

Белки	Содержание в белке в %				
	C	H	N	S	O
Глиадин ржи . . . . .	52,75	6,84	17,72	1,21	21,48
Глиадин пшеницы . . . . .	52,72	6,86	17,66	1,02	21,74
Глютеин пшеницы . . . . .	52,94	7,04	17,14	0,92	21,92
Альбумин ржи . . . . .	52,97	6,79	16,66	1,35	—
Глобулин ржи . . . . .	51,03	6,85	18,39	0,69	23,04

Распределение азота по фракциям белка ржи и пшеницы в % на с. в. представлено в табл. 24 [196].

Таблица 24

Белки	Азот аммиачный	Азот основных аминокислот	Азот неосновных аминокислот	Общий азот
Глиадин ржи . . . . .	4,08	0,91	12,56	17,66
Глиадин пшеницы . . . . .	4,33	1,09	12,17	17,66
Глютеин пшеницы . . . . .	3,30	2,15	11,95	17,49

Таблица 25

Аминокислоты	Содержание аминокислот в %			
	в глиадине		в глютеине	
	пшеницы (по Осборну)	ржи (по Осборну)	пшеницы (по Осборну)	ржи (по Гончаренко)
Гликоль . . . . .	—	0,15	0,9	—
Аланин . . . . .	2,0	1,3	4,7	—
Валин . . . . .	0,2	—	0,2	—
Лейцин . . . . .	5,6	6,3	6,0	—
Пролин . . . . .	7,1	9,8	4,2	—
Фенилаланин . . . . .	2,4	2,7	2,0	—
Аспарагиновая кислота . . . . .	0,6	0,3	0,9	—
Глутаминовая кислота . . . . .	37,3	37,8	23,4	—
Серин . . . . .	0,1	0,1	0,7	—
Тирозин . . . . .	1,2	1,2	4,3	4,49
Цистин . . . . .	0,5	—	0,02	1,79
Лизин . . . . .	—	—	1,9	6,18
Гистидин . . . . .	0,6	0,4	1,8	4,46
Аргинин . . . . .	3,2	2,2	4,7	13,61
Триптофан . . . . .	—	—	—	1,80
Аммиак . . . . .	5,1	5,1	4,0	—

Белки зерна ржи и пшеницы мало отличаются по составу аминокислот.

Нет большой разницы в составе глиадины и глютенина пшеницы и ржи (табл. 25).

М. С. Резниченко и др. [204] указывают на пониженное содержание пролина в глиадине ржи по сравнению с глиадином пшеницы.

Гоффман и Гортнер (цит. по Иванову [63]) дают следующее содержание аргинина, гистидина, цистина, лизина в глиадине пшеницы и ржи (табл. 26).

Таблица 26

Глиадин	Содержание в %			
	аргинина	гистидина	цистина	лизина
Пшеницы . . . . .	6,38	5,41	1,68	0,57
Ржи . . . . .	6,30	7,21	1,44	0,42

Глютенин ржи содержит значительно больше лизина и аргинина.

Аминокислотный состав белков целого зерна ржи и пшеницы приведен в табл. 27 (по данным Блок — Боллинга [26]).

Таблица 27

Аминокислоты	Содержание аминокислот в % в зерне	
	ржи	пшеницы
Аргинин . . . . .	6,1	5,0
Гистидин . . . . .	2,6	2,1
Изолейцин . . . . .	4,0	4,3
Лейцин . . . . .	5,9	5,9
Лизин . . . . .	3,5	2,8
Метионин . . . . .	1,0	0,8
Фенилаланин . . . . .	5,4	5,0
Триптофан . . . . .	1,4	1,1
Валин . . . . .	4,9	3,4

### УГЛЕВОДЫ

Большую часть зерна ржи составляют углеводы, из которых преобладает крахмал. Кроме того, имеются в небольшом количестве клетчатка, пентозаны, сахара и характерные для ржи трифруктозаны (левулезаны).

Количество углеводов в зерне ржи зависит от крупноты и цвета зерна, от района произрастания (см. таблицы 20, 21, 22). Обычно при увеличении процентного содержания белка снижается содержание углеводов и наоборот.

Ф. И. Гончаренко [46] дает следующее содержание углеводов в зерне ржи в % на с. в.

Крахмал . . . . .	60,30
Клетчатка . . . . .	2,36
Редуцирующие сахара:	
до инверсии . . . . .	следы
после инверсии . . . . .	5,42

Сахара. Моносахариды в зрелом зерне обычно не встречаются. Из дисахаридов в нормальном зерне имеется сахароза.

А. Р. Кизель и В. Л. Кретович [68] приводят процентное содержание разных сахаров на с. в. для пшеницы и ржи.

Сахара	Рожь	Пшеница
Непосредственно восстанавливающие сахара . . . . .	0,49	0,10
Сахароза . . . . .	4,92	2,47
Мальтозоподобные сахара . . . . .	Нет	1,55

По Нейману—Пельсенке [296] среднее содержание сахарозы в зерне пшеницы 0,6%, в зерне ржи — 3,0%.

Содержание в зерне ржи мальтозы, по разным источникам, колеблется от 0,2 до 4,3%, причем зерно ржи содержит мальтозы больше, чем зерно пшеницы. Эти колебания зависят от года урожая, сорта зерна и других факторов.

**Фруктозаны (левулезаны).** Раньше некоторые исследователи (Колэн и др.) находили в зерне ржи трисахарид—раффинозу, но с открытием Тильмансом во ржи трифруктозанов стало ясно, что раффинозы в зерне ржи нет. По наличию трифруктозанов рожь резко отличается от пшеницы. На этом основан метод определения примеси ржаной муки в пшеничной. Ниже приводится процентное содержание трифруктозанов на с. в. зерна (данные различных исследователей).

Культура	Процент трифруктозанов	Автор
Рожь . . . . .	1,50	Кизель—Кретович
“ . . . . . До	2,8	Нейман—Пельсенке
“ . . . . .	2,8	Шулеруд
Пшеница . . . . .	0,43	Кизель—Кретович
“ . . . . . До	1,2	Нейман—Пельсенке
“ . . . . .	0,4—0,5	Шулеруд

Кретович считает, что в растении ржи имеется несколько гомологов полифруктозидов с разным количеством фруктозных остатков. В зрелых зернах ржи имеется коллоидный полифруктозид (граминин), содержащий в молекуле 10 остатков.

**Крахмал.** Крахмалу зерна ржи ряд авторов придает большее значения, чем белку. Это объясняется особой структурой и

свойствами крахмала ржи. По форме крахмальных зерен рожь и пшеница мало различаются. Зерно крахмала ржи по размеру несколько больше, чем зерно пшеницы, причем размер зерен сильно колеблется в зависимости от места произрастания, сорта и других причин. Размер крахмальных зерен ржи лежит в пределах от 14 до 52 мк.

Многие исследователи считают, что крахмальное зерно снаружи имеет оболочку, а внутри состоит из отдельных слоев или частиц. Так, В. А. Николаев и Н. П. Шульц [157] утверждают, что крахмальное зерно пшеницы (и ржи) состоит из двух лежащих друг около друга чечевиц. Промежуток между ними, занимающий всю экваториальную зону крахмального зерна, авторы называют условно срединной пластинкой, которая состоит из радиально расположенных кристалликов и так же расположенных линейных пор. Благодаря неодинаковой плотности вещества пластинка разбивается еще на ряд концентрических кругов. Чечевицы также состоят из массы лежащих поперек чечевиц кристалликов, приблизительно перпендикулярно расположенных по отношению к наружной стороне каждой чечевицы, и почти параллельны между собой. Между концами пластинки и концами обеих чечевиц остается два кольцеобразных пространства, имеющих в разрезе форму полувеера, состоящих также из кристалликов. В крахмальных зернах, лежащих ребром, наблюдается слоистость; в плосколежащих зернах такая слоистость менее заметна. Катц и Ханзен [289] предполагают, что крахмальные зерна построены из отдельных частей (размером в 1 мк), правильно расположенных в тангенциальные слои. При намачивании крахмальное зерно делится радиальными тангенциальными трещинами на отдельные части размером 1 мк. О наличии трещин и пор в крахмальном зерне указывают и другие авторы.

В зерне ржи содержится от 47,7 до 62,7% крахмала.

Даже при очень тщательном выделении крахмала из зерна он не является чистым, а имеет примесь других веществ (в основном белка).

Имеются указания [262] на наличие гемицеллюлозы в ржаном и некоторых других крахмалах.

В зависимости от сорта, условий созревания, удобрений и других причин содержание крахмала в зерне значительно колеблется.

**Декстрины.** Декстрины в нормальном непроросшем зерне ржи отсутствуют. Из других полисахаридов второго порядка в зерне ржи имеются клетчатка и гемицеллюлоза. Оболочки зерна и клеточные стенки состоят главным образом из гемицеллюлоз, которые, с одной стороны, являются механическими скелетными веществами, а с другой — запасными веществами.

**Гемицеллюлоза.** Гемицеллюлозы зерна в основном состоят из пентозанов.

Нейман—Пельсенке [296] дают среднее содержание пентозанов у ржи 8,5%, у пшеницы 7,5%.

Кроме того, рожь содержит растворимые в воде углеводы, дающие вязкие растворы — слизи, состоящие почти на 90% из пентозанов.

В оболочках зерна в небольшом количестве содержатся лектиновые вещества и лигнин.

## ЖИРЫ, ВИТАМИНЫ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

### Жиры

Жиры в зерне ржи содержатся от 1,68 до 2,5%. Он представляет собой желтоватую, полувывсыхающую жидкость, состоящую главным образом из ненасыщенных кислот. Зародыш зерна ржи имеет следующее содержание ненасыщенных и насыщенных кислот в масле (табл. 28 и 29).

Таблица 28

Кислота	Содержание ненасыщенных кислот в масле в %	
	в свободном виде	в виде глицеридов
Олеиновая . . . . .	36,17	37,79
Линолевая . . . . .	38,92	40,68
Линоленовая . . . . .	2,37	2,48

Примечание. Определено по бромпроизводным.

Таблица 29

Кислота	Содержание насыщенных кислот в масле в %	
	в свободном виде	в виде глицеридов
Миристиновая . . . . .	2,21	2,33
Пальмитиновая . . . . .	7,73	8,11
Стеариновая . . . . .	0,17	0,18

Жир зерна ржи содержит больше ненасыщенных кислот (в основном олеиновую и линолевую).

Жир зерна характеризуется следующими физико-химическими показателями, табл. 30 (по данным различных авторов).

Таблица 30

Автор	Объект исследования	Удельный вес в г/см <sup>3</sup>	Точка плавления в °	Точка затвердевания в °	Коэффициент рефракции	Свободные жирные кислоты в %
Нейман . . .	Зерно	0,925	39,5	29,7	—	5,65
Штаут и Шютт .	Зародыш	0,9229	—	—	1,4779	2,9
Вемер . . . . .	Зародыш	0,9322	—	—	1,4774	—
. . . . .	Мука	0,8769	—	—	1,4765	—
. . . . .	Отруби	—	—	—	—	16,44

Физико-химические показатели жира зерна ржи близки к показателям пшеницы и других злаков.

При экстракции эфиром из ржи извлекаются другие жироподобные вещества (глицериды). Эти соединения в отличие от жира не омыляются, их содержится в ржи примерно 7,5% от общего количества экстрагируемых эфиром веществ. К этим веществам относятся фосфатиды (лецитин) и фитостерины (стериды, стеролы). Во ржи, по Нейману, лецитина содержится 0,55% (в основном в зародыше).

По Вемеру [326], в зародыше ржи находится 2% фитостерина (ситостерина).

Н. П. Козьмина и В. Л. Кретович [80, 81] приводят следующее содержание фосфатидов (в % на с. в.): в зерне ржи 0,57, в зерне пшеницы 0,65.

### Витамины

Уже самые ранние исследования, посвященные распределению витаминов в зерне, показали, что они сконцентрированы в зародыше и периферийных частях зерна, включающих и алейроновый слой. Содержание витаминов в эндосперме (а следовательно, и в муке высших сортов) невелико.

В последнее время вопрос о содержании витаминов в зерне усиленно изучался. Подавляющая часть работ посвящена изучению содержания витаминов в зерне и продуктах помола пшеницы, однако получены также данные и по содержанию витаминов группы В в зерне и муке ржи.

Так, К. Л. Поволоцкая, А. А. Кондрашова, О. И. Пушкинская и Е. П. Скоробогатова [171] исследовали содержание тиамин, рибофлавина и никотиновой кислоты в зерне ржи различных сортов для двух годов урожая (1945, 1948). Полученные ими данные приведены в табл. 31.

Таблица 31

Сорт ржи	Место сбора	Год урожая	Содержание витамина в мг на 1 кг с. в.		
			тиамин (В <sub>1</sub> )	рибофлавин (В <sub>2</sub> )	никотиновая кислота (РР)
Омка озимая	Московская область	1945	4,18	1,14	13,4
Вятка	То же	1945	5,23	1,10	4,1
Вятка	"	1948	5,80	1,66	—
Казанская	"	1918	7,80	1,24	—
Казанская	Свердловская область	1948	4,85	1,38	—
Новозыбковская	Харьковская область	1948	5,29	1,87	—
Колебания			4,18—7,80	1,10—1,87	4,1—13,4

### Минеральные вещества

Содержание минеральных веществ в зерне ржи колеблется в довольно широких пределах, примерно от 1,5 до 3%, среднее содержание золы в зерне ржи около 1,9—2,0%, оно зависит от места произрастания, климата, сорта зерна, вносимого удобрения и других факторов [85]. Зольность ржи незначительно выше, чем зольность пшеницы.

Е. Д. Казаков [66] определил зольность отдельных анатомических частей зерна ржи, что видно из табл. 32 (в % на абсолютно с. в.).

Таблица 32

Составные части зерна	Зольность частей зерна в % в зависимости от сорта ржи					Среднее значение
	Вятка	Авангард	Лисичка	Воронежская	Казанская Б-6	
Плодовые оболочки . . . . .	3,36	2,69	3,59	3,81	3,23	3,54
Семенные оболочки . . . . .	3,46	2,73	2,76	2,46	3,04	2,89
Алейроновый слой . . . . .	7,72	7,55	7,37	8,91	8,31	7,97
Все оболочки . . . . .	5,95	5,92	5,77	6,47	6,44	6,11
Эндосперм . . . . .	0,41	0,39	0,36	0,48	0,46	0,42
Зародыш . . . . .	5,84	5,58	4,56	4,48	6,03	5,30
Зерно мытое . . . . .	1,56	1,58	1,56	1,72	1,88	1,66
Примеси механические . . . . .	0,16	0,17	0,12	0,15	0,18	0,16

Указывается [295] следующее содержание отдельных минеральных веществ в зернах ржи и пшеницы в % на с. в.

Вещества	Рожь озимая	Пшеница озимая
K <sub>2</sub> O . . . . .	0,58	0,52
Na <sub>2</sub> O . . . . .	0,03	0,03
CaO . . . . .	0,05	0,05
MnO . . . . .	0,20	0,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,85	0,79
SO <sub>3</sub> . . . . .	0,02	0,01
SiO <sub>2</sub> . . . . .	0,03	0,03
Cl <sub>2</sub> . . . . .	0,01	0,01

В зерне в незначительном количестве содержатся: цинк, никель, железо, марганец, бор, медь и другие элементы.

Вемер [326] нашел в 1 кг зерна ржи 90 мг меди, в 1 кг высушенных листьев 8,2 мг. Гончаренко [46] приводит данные Берграна о содержании в зернах ржи на 1 кг с. в. 0,8 мг титана и результаты исследования Глимм и Халада, определивших в 1000 г зерна ржи от 66,5 γ до 124,0 γ йода, причем концентрация йода убывает от периферии к центру зерна.

Йод в зеленом растении ржи распределяется следующим образом: в 100 г листьев содержится 29,9—45,0 γ; в 100 г корней 33,4 — 34,5 γ йода.

#### ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РЖАНОЙ МУКИ РАЗНЫХ ВЫХОДОВ

При сортовом размоле зерна стремятся к тому, чтобы в высшие сорта муки как можно меньше попало оболочек с алейроновым слоем и зародыша. Напротив, в муке больших выходов

Таблица 33

Продукты помола	Зола	Жир	Белок (N. 6,25)	Крахмал	Клетчатка	Пентозаны
Рожь, целое зерно . . . . .	1,95	1,88	11,61	60,33	1,97	8,45
Мука, выходы 0—30 . . . . .	0,46	0,69	6,70	81,53	0,07	3,55
"    "    30—60 . . . . .	0,94	1,43	11,00	69,44	0,40	5,25
"    "    60—65 . . . . .	1,74	2,29	14,47	60,27	0,93	7,02
Кормовая мука, выходы 65—70 . . . . .	2,09	2,71	16,58	55,40	1,22	8,13
Отруби, выходы 70—95 . . . . .	4,83	3,62	17,58	20,49	5,79	22,59
Отходы оболочек I . . . . .	4,34	5,98	21,05	13,52	10,85	24,17
"    "    II . . . . .	3,25	2,87	11,14	11,30	14,39	36,35
Отходы на фильтрах . . . . .	3,84	3,40	13,36	29,41	10,84	24,84
Зародыш . . . . .	5,54	11,95	44,74	—	3,94	7,32

и в особенности в отрубях этих частей зерна много; от этого и зависит химический состав муки разных выходов.

Химический состав разных продуктов помола ржи, по Нейману—Пельсенке [296], приведен в табл. 33 (в % на с. в.).

Для сравнения приводим химический состав отдельных частей зерна пшеницы по Н. Б. Роменскому [208] (в % на с. в., табл. 34).

Таблица 34

Части зерна	Весовое соотношение отдельных частей	Зола	Жир	Белок	Крахмал	Сахар	Клетчатка	Пентозаны
Целое зерно . . . . .	100,0	2,18	2,24	16,06	63,06	4,32	2,76	8,10
Эндосперм . . . . .	81,60	0,45	0,68	12,91	78,82	3,54	0,15	2,72
Зародыш . . . . .	3,24	6,32	15,04	37,63	0	25,12	2,46	9,74
Оболочки с алейроновым слоем . . . . .	15,48	10,51	7,78	28,75	0	4,18	16,20	35,65

#### КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. Количество белка в ржаном зерне колеблется от 7,0 до 16,57%. На содержание белка в зерне ржи влияют различные факторы: место и условия произрастания (метеорологические, агрикультурные), сорт, размер и цвет зерна.

2. Белки ржи по растворимости разделяют на те же фракции, что и белки пшеницы (глиадин, глютенин, альбумин, глобулин). По аминокислотному составу белки ржи и пшеницы также близки друг к другу.

3. Для зерна ржи по сравнению с пшеницей характерно высокое содержание фруктозанов.

4. Также характерно для ржи наличие значительного количества пентозанов, образующих специфические слизи, сообщающие водным вытяжкам из ржаной муки очень высокую вязкость.

5. Зерно ржи содержит витамины группы В (тиамин, рибофлавин, никотиновая кислота). Содержание тиамина в различных сортах ржи колеблется от 4,18 до 7,80 мг/кг, рибофлавина — от 1,10 до 1,87 мг/кг и никотиновой кислоты — от 4,1 до 13,4 мг/кг с. в.

## ОБРАЗОВАНИЕ ТЕСТА

При смешивании муки и воды в определенном соотношении образуется тесто. В образовании теста участвуют вода, белки, крахмал, пентозаны, клетчатка, сахара, соли и другие вещества, входящие в состав муки или добавляемые при замесе теста.

Несмотря на близкий химический состав ржи и пшеницы, ржаное тесто органолептически резко отличается от пшеничного. Пшеничное тесто более эластичное, менее липкое, чем ржаное. Причина такого различия в свойствах ржаного и пшеничного теста еще точно не объяснена

### ВЛИЯНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ТЕСТА НА ПРОЦЕСС ЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

#### Вода

Вода в тесте находится в свободном виде и в связанном (химически, адсорбционно, осмотически).

В ржаном и пшеничном тесте вода с белком, крахмалом и другими составными частями теста связана по-разному.

От формы связи воды в тесте в основном зависят водопоглотительная способность муки, выход и качество теста, а также весовой выход и качество хлеба.

#### Мука

**Белки.** Если из пшеничной муки и воды замесить тесто, а затем из теста отмыть крахмал, останется клейкая, эластичная, упругая масса — клейковина. При отмывании крахмала из ржаного теста связанной клейковины не получим. Это — основное различие между пшеничным и ржаным тестом.

Несмотря на многочисленные исследования, точного объяснения этого различия между пшеничной и ржаной мукой до сих пор нет. Трудность заключается и в том, что сама клейковина еще недостаточно изучена.

Сухое вещество клейковины содержит 70—80% белка, 20% крахмала, который, несмотря на энергичное отмывание, удерживается белками; кроме того, на клейковине прочно адсорбируются клетчатка, жир, липоиды, сахара, зольные и другие вещества.

По работам Н. И. Проскурякова и Е. С. Хромовой [189], высушенная клейковина также адсорбирует часть имеющихся в муке ферментов:  $\beta$ -амилазу, каталазу, полифенолоксидазу и протеолитические ферменты. Воды в клейковине от 55 до 70%. При отмывании клейковины в раствор переходит от 3 до 5% белков (альбумин, глобулин и др.).

Блиш и другие считают, что белок клейковины состоит из большего количества компонентов, которые постепенно переходят один в другой. Советский ученый А. Б. Вакар [31] утверждает, что клейковина — естественное высокополимерное белковое вещество, состоящее из однородных молекул (единый белок). По Вакару, макромолекула клейковины имеет сложную пространственную структуру и включает в себя наряду с полипептидной связью ряд других менее прочных связей и мостиков между отдельными полипептидными и циклическими участками. При таком строении фракционирование белков клейковины представляет собой расщепление тех или иных связей под влиянием определенных реактивов.

А. Г. Кульман [107, III] разделил клейковину на три белка: глютеин,  $\alpha$ -глиадин и  $\beta$ -глиадин. Фракция  $\alpha$ -глиадина извлекалась 40%-ным этиловым спиртом, а остаток  $\beta$ -глиадина 70%-ным спиртом. Все три белка, по Кульману, обладают разными свойствами.

Наиболее сложное строение имеют коллоидные частицы глютеина, наименее сложное —  $\alpha$ -глиадин (по осмотическим данным). Кроме того,  $\alpha$ -глиадин наиболее гидратирован.

Большинство исследователей считает, что клейковина состоит из двух компонентов: глиадин (белок, растворимый в 70%-ном этиловом спирте) и глютеина (остаток после выделения глиадина).

Осборн [162] считал, что глиадин пшеницы и глиадин ржи тождествен по составу аминокислот, но в настоящее время В. Л. Кретович нашел, что в глиадине ржи меньше триптофана и тирозина.

Учеными было выдвинуто несколько теорий, объясняющих образование клейковины.

Бейл, Бишоп и другие отрицали существование глиадина и глютеина, считая, что клейковина образуется под влиянием ферментов. По этой теории образование клейковины происходит так же, как свертывание крови (фермент тромбаз) или свертывание молока (сычужный фермент). Считают, что в ржаной муке нет соответствующего фермента, поэтому клейковина и не образуется.

Для доказательства наличия в пшеничной муке особого фермента брали определенное количество муки, половину муки для инактивирования фермента нагревали; из прогретой муки клейковина не отмывалась, но когда ее смешивали с непрогре-

той мукой, клейковины образовалось столько, сколько должно было получиться из всей взятой муки.

Интересны опыты Неймана [152] о влиянии на образование клейковины добавления ржаной муки к пшеничной (табл. 35).

Таблица 35

Мука	Клейковина сырая в %		Клейковина сухая в %	
	по расчету	фактически	по расчету	фактически
Чистая пшеничная . . . . .	—	35,2	—	11,2
Пшеничная + 5% ржаной . . . . .	32,4	33,4	10,6	10,8
+10% . . . . .	31,7	32,4	10,0	10,1
+15% . . . . .	29,9	31,2	9,5	10,0
+20% . . . . .	27,2	30,8	9,0	9,6
+25% . . . . .	26,4	28,8	8,4	9,2
+30% . . . . .	24,6	26,0	7,8	8,4
+35% . . . . .	22,9	23,2	7,3	7,6
+40% . . . . .	21,1	18,8	6,7	6,0
+45% . . . . .	19,4	15,2	6,2	4,8
+50% . . . . .	17,6	14,0	5,6	4,0
+55% . . . . .	15,8	6,4	5,0	2,0
+60% . . . . .	14,1	6,0	4,5	2,0
+65% . . . . .	12,3	1,6	3,9	0,4

Прибавление ржаной муки до 35% увеличивает количество отмываемой клейковины, сравнительно с высчитанной, но при дальнейшем увеличении ржаной муки в смеси резко снижается количество клейковины, и при 60—70% ржаной муки клейковину почти нельзя отмыть. С увеличением количества ржаной муки в смеси клейковина становится мягкой и менее эластичной.

В. М. Колесов [82] добавлял к пшеничной муке 30%-ного выхода разное количество глиадины ржи, при этом повышался выход клейковины, особенно сырой (табл. 36).

Положительные заряды частиц глиадины в клейковине нейтрализуются отрицательными зарядами глютеина.

Положительно заряженные частички глиадины в растворе взаимно отталкиваются и не образуют связанной массы. В случае добавления электролита при достижении изоэлектрической точки, вследствие разрядки частиц глиадины, отталкивающая сила исчезает, и под влиянием силы притяжения отдельные капли глиадины сливаются в общую массу.

Таблица 36

Номер образца	Глиадин ржи в % к весу муки	Выход сырой клейковины в %	Выход сухой клейковины в %	Влажность сырой клейковины в %	Характеристика клейковины
Контроль	0	42,6	15,2	64	Эластичная, упругая
1	1	43,82	14,88	66	То же
2	3	42,72	15,52	66	"
3	5	48,02	16,52	65	"
4	10	62,78	23,60	62	Менее упругая, липкая
5	20	87,76	26,52	69	Липкая
6	30	123,59	36,72	70	Очень липкая, мазеобразная

Каждая пропорция смеси глиадины и глютеина (характерная для отдельных партий муки) имеет между изоэлектрическими точками обоих компонентов только одно значение рН, при котором происходит полная компенсация положительного заряда глиадиновых и отрицательного заряда глютеиновых частиц. При этом клейковина имеет оптимальные свойства, выражающиеся в минимуме связывания воды белками и максимуме силы притяжения отдельных частиц их. При изменении рН в ту и другую сторону увеличивается растворимость белков и уменьшается вязкость теста.

По этой теории у глиадины и глютеина ржаной муки не происходит компенсации противоположных зарядов их частиц. Увеличение кислотности теста сближает изоэлектрические точки обоих белков, и поэтому увеличивается вязкость теста и уменьшается пептизация белков.

Ряд исследователей объясняет разное качество клейковины изменением соотношения между глиадином и глютеином. Так, Флеран считает наилучшим отношением 75 частей глиадины к 25 частям глютеина. Снайдер—65 частей глиадины к 35 частям глютеина. Фрико, Фогель и Бейли нашли в твердой пшенице от 34 до 40% глютеина. Осборн считает, что на глиадин приходится 40—50% от всего количества белков в зерне пшеницы. В. С. Смирнов и Будницкая [240] при изучении разных пшениц нашли, что отношение глиадины к глютеину колеблется от 1,25 до 1,86.

Молекулярный вес глютеина (близок к 360 000 к. е.) значительно выше глиадины (26 000 к. е.), при этом коллоидные частицы глютеина имеют более сложное строение, чем частицы глиадины. Вязкость и гидратация зольей глютеина выше, чем зольей глиадины, но осмотическое давление у зольей глиадины больше, чем у зольей глютеина. Кроме того, увеличение глиадины ведет к большей пептизации (частичному переходу в

раствор). По подсчетам Пчелина, число гидрофильных групп в молекуле глиадина почти в 5 раз меньше, чем число гидрофобных (117 гидрофильных и 570 гидрофобных). Вот почему глиадин по растворимости резко отличается от многих других белков. Этими свойствами глиадина и глютеина объясняется изменение свойства клейковины при изменении соотношения глиадина и глютеина.

Большим преобладанием глиадина над глютеином в зерне ржи объясняется невозможность отмыть связанную клейковину из ржаного теста. Осборн предполагает, что после извлечения из ржаной муки альбумина и глобулина остальные 28% неизвлеченных белков падают на глютеин.

Ниже приводится изменение свойств клейковины при преобладании в муке глиадина или глютеина.

Качество клейковины	
↑	Увеличение глютеина
	Плотная, неэластичная (начинается набухание)
	Мало эластичная (подобно сухожилу)
	Эластично-каучукообразная
	Эластично-вязкая
	Эластично-тягучая
	Эластично-пластичная
	Пластично-вязкая
	Пластичная, как замазка
↓	Увеличение глиадина
	Мягкая, глиноподобная

Фелленберг считает, что взаимное сцепление частичек глиадина и глютеина в ржаной муке затрудняется наличием большого количества слизи.

Многие исследователи в настоящее время придерживаются теории, выдвинутой Берлинером и Коопманом, по которой клейковина состоит из глютеиновых центров, на которых адсорбирован глиадин. Если в клейковине меньше таких адсорбционных центров и они отделены толстыми прослойками глиадина, то в этом случае притяжение между адсорбирующими комплексами меньше — уменьшается эластичность и увеличивается растяжимость. Растекаемость и слабая эластичность ржаного теста может быть объяснена в этом случае тем, что глютеин ржаной муки образует мало адсорбционных центров, но они более крупны по размеру.

В последнее время оригинальную теорию образования клейковины выдвинул Н. Ш. Шкловский [261]. Он считает, что клейковина образуется в виде мельчайших частиц в клетках эндосперма при созревании зерна. Образование клейковины при отмывании

водой объясняется слипанием этих мельчайших частиц в связанный комок. Увязывая свою гипотезу с двухбелковым составом клейковины, Н. Ш. Шкловский считает, что образование клейковины в клетках эндосперма зерна следует рассматривать как процесс самослипания (аутогезия) и слипания (когезия) глиадина и глютеина. В этот процесс могут также вовлекаться и другие высокомолекулярные вещества.

Для доказательства своей гипотезы он из предварительно обработанной 70%-ным спиртом пшеничной муки отмывал клейковину водой на ситах № 38 с отверстием 194 мк и сите № 49 с отверстием 142 мк, при этом частички клейковины, проходя через первое сито, собирались на втором, давая при тщательном продолжительном промывании клейковину, близкую к нормальной.

По этой гипотезе белки ржи, по-видимому, не обладают способностью к слипанию.

Надо учитывать также склонность белков ржи к неограниченному набуханию и более слабую их мицеллярную структуру сравнительно с белками пшеницы.

П. Н. Шибаеву [259] особым способом отмывания удалось получить из ржаной муки небольшое количество слабой клейковины.

В последнее время Н. П. Козьмина с сотрудниками [78, 79], применив методику Лузена в модификации Кенпингхема, Геддеса и Андерсона, получила из ржаной муки небольшое количество сырой клейковины (от 3,1 до 6,5% от веса муки), довольно близкой по своим свойствам к клейковине пшеничной муки. При этом из ржаной муки удаляли водорастворимые вещества наставлением навески муки с 20-кратным объемом воды при 20° в течение 1 часа. Сухой остаток выделили на суперцентрифуге при 20 тыс. оборотов в мин. Плотный осадок заливали санитарно-нормальным раствором муравьиной кислоты и встряхивали в течение 10 мин. при 120 качаниях в мин. Полученный опалесцирующий белковый раствор, содержащий 0,40—0,30 мг азота в 1 мл, фильтровали через стеклянную вату и осторожно нейтрализовали насыщенным раствором  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Из раствора белок осаждали трихлоруксусной кислотой и  $\text{NaCl}$  при pH 5,8—6,0, при этом выпадал осадок, который отделялся центрифугированием.

Полученный осадок представлял собой связанный клейковинный студень, слабый и мало эластичный. В зависимости от способа осаждения осадок полностью растворялся в воде и спирте или был нерастворим в воде (осаждение  $\text{NaCl}$  из нейтрального раствора). Нерастворимый, слабый, легко растяжимый студень осторожно промывали водой для удаления из него крахмала и слизи, после чего он приобретал связность и эластичность подобно настоящей крепкой пшеничной клейковине с удельной растяжимостью 0,02 см/мин.



Н. П. Козьмина осаждением из муравьинокислого раствора получила сырую клейковину в количестве от 5,3 до 9,3% от веса муки, а сухую клейковину — от 1,03 до 1,62%, с содержанием белка ( $N \cdot 5,7$ ) в с. в. 85—90%. Кеннингхем и др. наблюдали большую растворимость белков клейковины ржи в муравьиной кислоте.

Кроме того, Н. П. Козьминой был применен и другой метод выделения клейковины из ржаной муки (метод Гесса), заключающийся в том, что из муки и смеси бензола с хлороформом (уд. вес 1,38) готовили суспензию, которую центрифугировали 10—15 мин. при 3000 об/мин. Полученную во взвешенном состоянии муку отделяли от осадка в делительную воронку. При добавлении эфира взвешенные частицы оседали, их отделяли на фильтре, где промывали эфиром и затем высушивали в эксикаторе.

Полученный тонкий порошок содержал 10,48% азота или 66,5% белка. При таком трехкратном извлечении получалось препарата 3,1% от веса муки. При добавлении этого порошка к ржаной муке получалось упругое, эластичное тесто. Из теста легко можно было отмыть клейковину, не отличающуюся по своим физическим свойствам от клейковины пшеничной муки.

Эти интересные опыты наглядно подтверждают ранее высказанные многими исследователями предположения о том, что в ржаной муке имеются аналогичные белкам пшеничной муки глиадин и глютеин и что при создании специальных условий эти белки можно получить в виде связанной клейковины. Однако в ржаном тесте в обычных условиях клейковина не образуется.

**Крахмал.** Крахмал в образовании ржаного теста играет значительно большую роль, чем в пшеничном тесте.

Несмотря на то, что изучению крахмального зерна посвящено много работ, еще нет полной ясности о его строении. Считают, что крахмальное зерно состоит из двух углеводов: амилозы и амилопектина. Амилоза имеет строение в виде неразветвленной цепочки, состоящей из остатков глюкозы (называемые глюкопиранозами), имеющих циклическое строение. Амилопектин состоит из тех же остатков глюкозы, но форма цепочки у него более разветвлена и крупнее, чем у амилозы. Кроме этого, в состав крахмальных зерен входит фосфорная и кремниевая кислоты, белковые вещества. Предполагают, что фосфорная кислота связана с амилопектином. В чем заключается эта связь, точно еще не установлено.

По Самецу [306], содержание фосфорной кислоты в амилопектине колеблется от 0,06 до 0,282%. Особенности отдельных видов крахмала могут быть обусловлены также процентным содержанием фосфорной кислоты и ее связью с амилопектином. Соотношение между амилопектином и амилозой у разных видов крах-

мала разное. В. Л. Кретович [90] приводит об этом соотношении следующие данные по некоторым культурам (табл. 37).

Таблица 37

Крахмал	Содержание в %	
	амилозы	амилопектина
Картофельный . . . . .	19—22	78—81
Пшеничный . . . . .	24	76
Кукурузный . . . . .	21—23	77—79
Рисовый . . . . .	17	83

Довольно близки к этим величинам данные Неймана и Пельсенке.

Большинство исследователей считают, что крахмальное зерно имеет форму сферокристалла, следовательно, цепи главных валентностей макромолекул должны быть упорядочены. В. И. Назаров [149] предполагает, что в различных местах отдельные цепи объединяются в трехмерные мицеллы. В то же время отдельные высокополимерные молекулы в этих мицеллах связаны друг с другом через эфирные связи (мостики), что обуславливает прочное строение крахмала.

Крахмальные зерна разных культур различаются по количеству нерастворимых веществ в водном растворе салицилата натрия. Левенчук и Княгиничев считают, что этот нерастворимый остаток — оболочки крахмальных зерен.

Крахмалистое вещество окрашивается раствором йодистого калия в синий цвет, а оболочки — в красно-фиолетовый или синефиолетовый цвет.

Н. Ш. Збарский [62] установил, что рентгенограммы пшеничного и ржаного крахмала, теста и хлеба резко отличаются, это в известной степени зависит от особенностей крахмала.

Крахмальное зерно имеет слоисто-ячеистое строение, с наличием мельчайших каналов, что связано с его постепенным образованием. Крахмальные зерна ржи имеют более рыхлое строение, чем крахмальные зерна пшеницы.

Благодаря тонкопористой морфологической структуре крахмала вода и электролиты глубоко проникают внутрь крахмального зерна и, взаимодействуя с ОН-группами, нарушают связь между крахмальными цепочками в мицелле.

Отмечая огромную адсорбционную способность крахмала и способность его к обмену ионами, А. Г. Кульман [111] указывает на чрезвычайную подвижность (лабильность) крахмала в химическом и коллоидно-химическом отношении.

По мнению Неймана [152], решающим фактором для хлебопекарной способности ржаной муки является степень «разжижения крахмала». Несколько позже Молин, Гагберг, Линберг пришли к подобному выводу.

**Слизи.** В настоящее время считают, что в образовании ржаного теста большую роль играют слизи. В ржаной муке слизей содержится значительно больше, чем в пшеничной или другой муке. Эти высокомолекулярные коллоидные полисахариды, растворимые в воде, обладают большой гидрофильностью.

Прейс и Хобкерк [300] изучали высокомолекулярные гумми, извлеченные из разных фракций злаков, полученных при помощи  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Фракции из ржи, пшеницы, ячменя и овса, не осаждаемые  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , были смесью почти одинакового состава (в %): глюкозана — 20, ксилана — 10, арабана — 50, галактана — 20. Фракции из ржи, осаждаемые  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  при 40 — 50% насыщения, представляли собой смеси пентозанов с преобладанием ксилана над арабаном. В такой же фракции из пшеницы ксилан также преобладал, но в ней находились еще арабан и  $\beta$ -глюкозан. Наиболее легко получить пентозан из ржи (нет загрязнения  $\beta$ -глюкозаном). В отличие от ячменя рожь не содержит водорастворимого маннана.

Берлинер и Коопман предполагают, что зерна крахмала ржаной муки окружены слизью. В дальнейшем Берлинер и Рютер определили два вида слизей: межклеточное вещество из эндосперма и вещество из наружных слоев зерна, обладающее меньшей способностью к набуханию и меньшей вязкостью.

Разработкой способа выделения слизей и изучением их свойств занимались и другие исследователи. Интересную работу по исследованию слизей ржаного зерна провели В. Л. Кретович и И. С. Петрова [93]. Они установили следующий химический состав слизей из ржаной муки (табл. 38).

Таблица 38

Показатели в %	Препарат Ia	Препарат Ib
Углеводы . . . . .	86,03	96,32
Пентозаны . . . . .	81,16	75,50
Пентозаны от общего количества углеводов . . . . .	94,42	78,40
Азот . . . . .	0,29	0,27
Зола . . . . .	8,28	2,44
Влажность . . . . .	7,42	8,51

На основании этой и других работ можно считать, что слизи состоят в основном из пентозанов и дают очень вязкие растворы.

Вязкость водных растворов ржаных слизей и других веществ показана на рис. 4.

Авторы доказали, что на вязкость слизей не влияет изменение pH, цистеин и персульфат снижают, а бромат повышает вязкость водных растворов слизей. Слизы в тесте быстро набухают, а затем переходят в раствор, при этом вязкость их постепенно снижается.

Вязкость теста зависит также и от количества декстринов. Зенер [330], проводя опыты с синтетическими образцами теста с исключением отдельных компонентов муки, делает заключение, что газодерживающая способность теста зависит от вязкой среды, образуемой амилодекстринами, другими декстринами и водорастворимыми белками муки.

Леммерцаль [293] предлагает вести подсортировку зерна ржи или ржаной муки по «декстриновому числу».

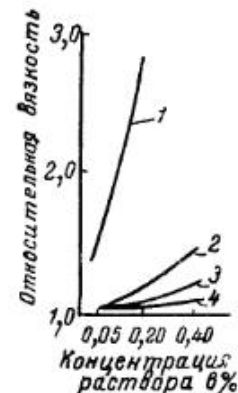


Рис. 4. Вязкость водных растворов ржаных слизей и других веществ:

1 — слизи ржаного зерна; 2 — желатин; 3 — крахмальный клейстер; 4 — яичный альбумин.

#### Поваренная соль

Поваренная соль является необходимым ингредиентом при приготовлении теста. Она уменьшает набухаемость и растворимость белков муки, задерживает их дезагрегацию, делает тесто более пластичным, что очень важно для ржаного теста.

Шульц [311] отмечает, что применение растертых с солью дрожжей значительно увеличивает пластичность и газодерживающую способность теста.

Влияние поваренной соли на микроорганизмы брожения изучалось многими авторами главным образом на пшеничном тесте. На размножение дрожжей небольшое количество (0,5%) соли в жидкой среде мало влияет. Большее количество соли замедляет размножение дрожжей в первые часы брожения, но в дальнейшем даже ускоряет его.

Так, А. Евлахова [54] отмечает, что в пивном сусле (6° Баллинга) 1% соли не замедлял размножения дрожжей через 24 часа. Коэффициент размножения контрольного образца равен 191, а с 1% соли — 200, но 2% соли уже действовали угнетающе (коэффициент размножения 134).

Л. И. Рубенчик и М. В. Гальперин [211], проводившие опыты в жидкой опаре (воды 133%), нашли, что при добавлении 0,5% поваренной соли через 3 и 5 час. степень размножения дрожжей превышала степень размножения их в контрольной опаре без соли. Добавление 1% соли замедляло размножение в течение

ние 3 час., но к 5 час. брожения опары дрожжи размножались быстрее, чем в контрольном опыте.

В. Д. Рощина [209] изучала влияние плазмолиза поваренной солью на свойства дрожжей. Она проводила плазмолиз дрожжей 5-молярным раствором соли и кристаллической солью. Раствор соли до 3 молей включительно не влиял существенным образом на размножение дрожжей в сусле. 5-молярный раствор соли и кристаллическая соль в первые часы задерживали размножение дрожжей, но к 24 час. плазмолизованные дрожжи размножались нормально. Выращивание дрожжей на искусственной среде (минеральные соли и пептон) приводило к большому угнетению их и даже к прекращению размножения в течение первых 6 час., но к 48 час. они размножались так же, как дрожжи в контрольных образцах.

Безусловно, что дрожжи приспосабливаются к новым условиям среды. Через некоторое время эти условия уже не влияют на их размножение.

По-видимому, при изучении влияния поваренной соли на микроорганизмы брожения необходимо учитывать консистенцию теста. Л. Я. Ауэрман, определяя газообразование в тесте, содержащем 60% воды, 1% дрожжей и разное количество поваренной соли, нашел, что при добавлении 1,5% соли заметно сокращается количество  $\text{CO}_2$ , а при добавлении 3% соли  $\text{CO}_2$  выделяется вдвое меньше.

Добавление соли в %	Выделение $\text{CO}_2$ в %
0	100
1	95,5
1,5	81,0
3	47,0
5	6,0

Уменьшение количества выделяющегося углекислого газа с увеличением в тесте концентрации поваренной соли подтверждает и Шульц [310]. Он отмечает, что количество  $\text{CO}_2$  снижается независимо от того, положены ли в тесто соль и дрожжи отдельно или добавлены дрожжи, предварительно обработанные солью.

Тот же автор в другой своей работе [311] приводит данные о влиянии поваренной соли на размножение дрожжей и на их бродильную способность (табл. 39).

Количество дрожжевых клеток снижается с увеличением процента соли и увеличением времени брожения. Бродильная способность тоже уменьшается с увеличением процента дрожжей, добавляемых непосредственно в тесто или предварительно смешанных с солью.

Дрожжи, обработанные солью, удлиняют процесс брожения, так как снижается их бродильная способность. Необходимо учитывать и то, что в среде (в тесте) в этом случае находится больше выделившегося клеточного сока дрожжей, активно влияющего

Время после растворения	* Количество клеток в млн. на 1 г субстрата при концентрации соли			
	дрожжи без соли	: соль		
		1:0,25	1:0,5	1:1
Через 1 час . . . . .	—	8,8	7,0	3,4
"  2 часа . . . . .	10	6,5	5,8	3,3
"  3  "  . . . . .	—	6,2	5,8	2,7
"  4  "  . . . . .	—	5,8	2,8	1,7

на белки и другие составные части муки. Так, под влиянием глутатиона (цистенна), находящегося в клеточном соке, активируется протеаза, действующая на белки, происходит дезагрегация белкового комплекса, в результате чего понижается газодерживающая способность теста. Это подтверждается прямыми опытами Шульца [312].

Поваренная соль действует не только на дрожжи, но аналогично и на молочнокислые бактерии.

Влияние на тесто плазмолизованных дрожжей и, по-видимому, молочнокислых бактерий можно объяснить, с одной стороны, тем, что ферменты и другие активные вещества клеток переходят в среду, с другой стороны, оставшиеся в живых клетки, приспосабливаясь к неблагоприятной среде, становятся более активными.

В настоящее время у нас в ржаной столовый хлеб из обойной муки добавляют 1,5% поваренной соли. В США в ржаной хлеб добавляют 2,5—3% соли для стабилизации брожения и образования аромата.

Пельсенке [298] предлагает для непрерывного замеса теста готовить специальную устойчивую к хранению суспензию из дрожжей, соли и воды в соотношении 1:1:10. Дрожжи, подвергшиеся плазмолизу, улучшают пластичность теста, увеличивают объем хлеба.

Т. С. Лурье и Л. Я. Ауэрман [122] проверяли влияние поваренной соли (от 0,5 до 3%) на ржаной хлеб из обойной и пеклеванной муки и получили данные, аналогичные наблюдаемым в пшеничном тесте и хлебе. Без соли тесто было более липкое и влажное на ощупь; у хлеба верхняя корка вогнутая, мякиш липкий, неэластичный. С 1% соли и более тесто становилось более упругим, корка приобретала правильную форму, мякиш получался более эластичным, нелипким.

Л. Р. Микулинская показала, что введение 1,2 и 3% поваренной соли в суспензию из ржаной обойной муки снижало ее вяз-

кость, измеряемую на амилографе; на консистомере тесто с добавлением соли давало большее погружение, чем тесто без соли. При одновременном добавлении кислоты и поваренной соли вязкость теста повышалась, а консистенция укреплялась.

Изменения, происходящие в ржаном кислом тесте при добавлении соли, полностью еще не изучены.

### Улучшители

В качестве улучшителей ржаного хлеба применяют главным образом красный ржаной солод, придающий хлебу специфический аромат и более темную окраску мякиша. Он является одним из существенных ингредиентов в рецептуре бородинского (5%) и московского хлеба (5%), а также заварного простого (3%) и любительского (9%). Процесс приготовления красного ржаного солода сложный и длительный (10—12 суток). Потери при приготовлении красного солода достигают 20—25%.

Поэтому представляет интерес препарат, полученный из ржаной муки путем ее обработки культурой *Aspergillus oryzae* и заменяющий красный ржаной солод.

Схема приготовления этого препарата осуществлена во ВНИИХПе (Р. Р. Токарева) в сотрудничестве с Институтом спирта и Институтом биохимии АН СССР [24]. Ржаную обойную муку заваривают и в полученную заварку вносят неочищенный препарат культуры *Aspergillus oryzae* («грибной солод»).

Полученная таким образом заварка влажностью 75—78%, содержащая 50—55% сахара (при пересчете на мальтозу) и 55—60% водорастворимого азота (от общего), имеет приятный аромат, сладкий вкус и темный цвет. Ее добавляют в тесто в количестве 7% от веса муки для московского хлеба и 5% для бородинского.

Эта заварка по своим технологическим и химическим показателям не отличается от заварки, приготовленной с красным ржаным солодом, и имеет даже некоторые преимущества. Так, для приготовления заварки не требуется высокосортное зерно, а может быть использована любая ржаная мука; отсутствуют потери сухого вещества.

Производственная проверка этого продукта, заменяющего красный ржаной солод, была проведена на Московском заводе № 6, где за время испытаний было выработано около 800 т московского и бородинского хлеба. Весь выработанный хлеб по качеству удовлетворял требованиям стандарта, обладал вкусом, цветом и ароматом, свойственным этим сортам.

Кроме красного ржаного солода и его заменителей, которые придают продукту специфический вкус и аромат, применяют и другие добавки, улучшающие главным образом структуру мякиша (различные смеси солей и соединения кислого характера).

Т. С. Лурье и Л. Я. Ауэрман [122] проверяли влияние на качество теста и хлеба некоторых химических улучшителей при добавлении их в ржаную муку.

Рогит (виннокаменная кислота 40, фосфат кальция около 25, сернокислый кальций около 15, сернокислый аммоний около 15%) незначительно улучшал качество хлеба, мякиш приобретал желтоватый оттенок, пористость становилась более тонкостенной (дозировка 0,02—0,03% к весу муки).

Хеллгран (пиросульфат натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$  с примесью разного количества  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Применяют его при помоле ржи; он благоприятно действует на процесс помола — зерно легче размальвывается, лучше отделяются оболочки, действует осветляюще на муку (дозировка 0,01% к весу муки).

Бромат калия ( $\text{KBrO}_3$ ). При добавлении его в тесто в количестве 0,02—0,03% мякиш хлеба становился суше, имел более равномерную пористость; тесто меньше разжижалось. 0,01—0,03% бромата калия благоприятно действовали на качество хлеба из пеклеванной муки (мякиш получался нежный и имел желтоватый оттенок).

Персульфат аммония  $[(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8]$  и Аркади 10 (бромат калия 0,16, монофосфат кальция 58,3, сернокислый кальций 0,54, хлористый аммоний 11 и хлористый натрий 30%) незначительно улучшают качество хлеба.

Молочная кислота (0,3% и более) улучшает качество хлеба (мякиш становится более сухим). Тесто из пеклеванной муки при добавлении в него кислоты разжижалось меньше.

Молочная кислота образуется при брожении, но иногда при приготовлении теста ее добавляют в готовом виде.

Патока и пряности. При приготовлении специальных сортов ржаного хлеба добавляют от 1 до 14% патоки и пряностей — кориандр, тмин, анис. Пряностей добавляют менее 0,5% от веса муки; этими семенами посыпают только верхнюю корку, что не влияет на ход технологического процесса, а лишь отмечает сорт хлеба. При добавлении более 0,5% пряностей их заваривают с солодом или частью муки. Эфирные вещества добавляемых семян активизируют дрожжи, влияя на активность ферментов. Патоку добавляют при замесе теста, она улучшает вкус и внешний вид хлеба.

### Примеси других видов муки

На качество ржаного хлеба влияют также другие виды муки, которыми частично заменяют основную ржаную муку.

В. Ф. Пашовкиным было проверено влияние примеси кукурузной и ячменной муки на тесто и хлеб из обойной ржаной муки. Примесь указанных видов муки брали в количестве 20%, считая примесь дополнением к 100% ржаной обойной муки. К ржаной муке добавляли другие сорта муки в сухом, замоченном и заваренном виде. Результаты опытов приведены в

табл. 40. (+увеличение в %, —уменьшение в % против контрольного опыта)

Таблица 40

Показатели	Процент примеси	Кукурузная мука			Ячменная мука		
		сухая	замоченная	запаренная	сухая	замоченная	запаренная
Водопоглощительная способность, определяемая фаринографом	10	-1,0	—	+1,5	+0,5	—	—
	15	-3,0	—	—	+0,5	—	—
	20	-4,5	—	+4,5	+1,0	—	—
Выход хлеба							
весовой . . . . .	20	—	+0,2	+2,0	+0,3	+0,5	+1,5
объемный . . . . .	20	-0,01	—	-0,03	+0,01	—	—
Пористость мякиша . . .	10	-1,0	—	-2,0	+1,0	—	—

Подобную же работу провели Н. И. Смолина, В. В. Смирнова и И. А. Полюшкина, добавляя к ржаной муке овсяную, ячменную и кукурузную муку.

При добавлении овсяной муки потери сухого вещества при брожении ржаного теста против контрольного образца снизились на 0,12%. Усушка хлеба из ржаной муки обойного помола с примесью 20% овсяной муки была в среднем на 0,3%, а с примесью 40% — на 0,7% выше, чем у хлеба из ржаной муки без примеси. Объясняется это увеличением объемного выхода хлеба и трещин на корке. Выход ржаного хлеба снижался соответственно на 0,57 и на 1,25% в зависимости от процента примеси; мякиш хлеба был недостаточно эластичным.

При добавлении ячменной муки к ржаной снижались потери при брожении на 0,11%, усушка увеличивалась на 0,4% и выходы — на 0,3% (при 40% примеси). Ячменная мука понижала объем хлеба и уменьшала сжимаемость мякиша.

Примесь кукурузной муки к ржаной обойной муке увеличивала усушку в среднем на 0,5% и снижала упек тоже на 0,5% при 20% примеси, а при 40% примеси — соответственно усушку на 0,7% и упек на 0,8%.

Е. П. Чулина [257, 260] изучала углеводноамилазный и белково-протеиназный комплексы смеси ржаной и пшеничной обойной муки при различных их соотношениях. Она пришла к выводам, что многие показатели смеси могут быть вычислены по показателям составляющих ее частей, с учетом соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси. К таким показателям она относит сахарообразующую и газообразующую способность, количество непосредственно восстанавливающих сахаров и сахаров, восстанавливающих после пятиминутного гидролиза, количе-

ство водорастворимых веществ и активность  $\alpha$  и  $\beta$ -амилаз, характеризующих углеводно-амилазный комплекс, а также количество водорастворимого и спирторастворимого азота и активность протеолитических ферментов, характеризующих белково-протеиназный комплекс. Кроме того, сюда же можно включить и липкость мякиша.

Количество и качество клейковины смеси таким образом определить нельзя.

При добавлении 20% пшеничной муки к ржаной по стандартной методике клейковина не отмывается; по измененной методике при наличии в пшеничной муке хорошей клейковины отмывается короткорвущаяся клейковина темного цвета.

При 40% пшеничной муки в смеси по специальной методике отмывается клейковина значительно лучшего качества в количестве, превышающем расчетное.

При 60 и 80% пшеничной муки в смеси по стандартной методике отмывается клейковина хорошего качества; количество клейковины превышает расчетное.

Также не обладают аддитивностью физические свойства, определяемые на фаринографе и консисометре погружения.

#### ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА КОЛЛОИДНЫЕ СВОЙСТВА ТЕСТА

На образование и качество теста влияют количество воды, температура, добавление электролитов и другие добавки.

Соотношение муки и воды в тесте значительно влияет на качество теста. С увеличением воды уменьшается вязкость и упругие свойства любого теста. Но эта зависимость не является строго пропорциональной. Кроме соотношения воды и муки, на качество теста влияет вид и качество муки. Р. А. Бранопольская [27] в табл. 41 приводит зависимость величины пластических констант от содержания воды в тесте.

Выход теста находится в прямой зависимости от его консистенции, что подтверждается и опытами. Консистенция (соотношение мука:вода) для пшеничной и ржаной муки в зависимости от отдельных сортов и качества зерна будет различна.

На образование теста большое влияние оказывает температура. При более низкой температуре набухание идет медленнее. Замешенное тесто, особенно ржаное, при нагревании размягчается и даже растекается. При повышении температуры уменьшается упругость теста и особенно его вязкость. При стоянии теста после замеса быстро уменьшается его вязкость. Низкая температура задерживает эти явления.

Исходя из теории глобулярного состояния белковых макромолекул, предложенной Д. Л. Талмудом [236], можно объяснить влияние электролитов и других добавок на образование теста. По Талмуду, гидрофобные боковые цепи концентрируются по одну

Таблица 41

Вид муки	Номер образца	Количество воды на 100 г абсолютно сухой муки	Вязкость в пуазах	Предел текучести в $\text{дин/см}^2$
Ржаная	2	108,0	410	9 850
		105,0	447	11 800
	1	113,5	275	8 750
		108,0	530	10 610
Пшеничная	3	113,5	538	9 850
		108,0	720	13 800
	4	83	4470	1 300
		80	4550	13 460
Пшеничная	2/102	86	2860	9 850
		83	4080	11 000
	6	80	5180	12 250
		86,4	5500	4500
Пшеничная	1/101	82,7	5900	5500
		79,4	7900	6900
	40	86	530	6700
		83	680	8250
Пшеничная	1/101	80	1500	9850
		89,7	10 700	3000
	40	86,4	14 000	5200
		82,7	18 000	8000
Пшеничная	40	87,5	7 000	7 800
		89,7	10 000	11 000
		78,2	17 000	14 200

сторону, а боковые цепи с гидрофильными группами — по другую сторону цепи главных валентностей. Взаимодействие гидрофобных боковых цепей ведет к свертыванию полипептидной цепи в глобулу, в то же время взаимодействие гидрофильных боковых цепей с растворителем способствует разворачиванию глобулы. При этом надо учитывать, что полярные группы неравномерно распределены по поверхности глобулы и фиксированы в полипептидной цепи, благодаря чему глобула изменяет свою форму в зависимости от изменения свойств окружающего его растворителя.

Так как растворимость белка ржи больше, чем белка пшеницы, то глобула первого белка имеет менее сферическую форму, чем глобула второго.

На состояние белков и на активность ферментов влияют кислоты и соли, как имеющиеся в муке и образующиеся в тесте, так и искусственно добавляемые при замесе. Здесь, конечно, имеет значение изменение концентрации водородных ионов и буферности.

Кислоты и щелочи увеличивают водопоглотительную способность набухающих в воде тел, в то время как соли, особенно нейтральные, уменьшают ее. При слабых концентрациях кислот одновременно с процессом набухания происходит процесс растворения. Белковые вещества при действии щелочи не набухают, а растворяются.

Обработка клейковины концентрированными минеральными кислотами (0,1 N), кипящим ацетоном или эфиром, абсолютным спиртом, формальдегидом, концентрированными растворами сахара или простое нагревание клейковины вызывает частичную коагуляцию внешних слоев клейковины, образуется как бы мембрана, которая не препятствует набуханию, но прекращает процесс растворения, когда фиксированная таким образом клейковина переносится в слабый раствор органической кислоты. Основанный на этом метод определения степени набухания и растворимости клейковины в слабых кислотах Берлинер и Коопман считают лучшим показателем для суждения о качестве клейковины. По их опытам, хорошая клейковина хорошо набухает и медленно растворяется, плохая клейковина незначительно набухает и быстро растворяется.

Лучшей концентрацией кислот для образования клейковины Упсон и Калавин считают для молочной кислоты — от 0,01 до 0,02 N; уксусной — 0,04 N, соляной кислоты — 0,005 N.

Нейман, проводя опыты не с клейковиной, а с тестом, благодаря задерживающему влиянию солей на набухание клейковины, получил большие величины: для молочной кислоты — 0,05 — 0,06 N, для уксусной 0,04—0,05 N, для муравьиной — 0,045 N.

По наблюдению Шервуда, молочная кислота задерживает, а уксусная усиливает разжижение теста.

В опытах Люерса вязкость мучной болтушки возрастает при подщелачивании ее и достигает максимума при концентрации 0,001 N. Она не изменялась при дальнейшем увеличении концентрации. Это явление общее для всех щелочей, за исключением едкого бария. Кислые соли действуют так же, как и кислоты. Нейтральные соли задерживают набухание клейковины. Так, по работам Гендерсона, Фенна и Капа, понижали вязкость теста небольшие количества NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>Cl, KBrO<sub>3</sub> и молочнокислого натра.

Разные электролиты располагаются в следующие лиотропные ряды по способности осаждать белки:

катионы: Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ba;

анионы: SO<sub>4</sub>, Cl, Br, NO<sub>3</sub>, J, CNS.

По Нейману, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> уменьшает набухаемость белков уже при концентрации раствора 0,4 M, MgSO<sub>4</sub> — при 0,6 M, NaCl — до 0,1 M и снижает количество отмываемой клейковины до 20%. При концентрации раствора NaCl, равной 2 M, отмывается только 50% клейковины.

Интересно наблюдение Соколенко о влиянии на набухаемость клейковины экстрагированного из муки жира и соли кальция (табл. 42).

Таблица 42

Раствор CaCl <sub>2</sub> в %	Процент прибавленного мучного жира	Выход клейковины		$\frac{a}{b}$	Свойства клейковины
		сырой—а	сухой—в		
0	0	53,80	17,76	3,0	Нормальная (контрольная)
0	1,2	44,00	16,00	2,7	Рвущаяся
2	1,5	51,50	17,50	2,9	Нормальная
2	1,2	48,20	17,90	2,6	"
5	1,2	50,80	18,00	2,8	"
10	0,6	53,65	17,45	3,0	"
10	1,14	50,80	17,00	2,9	"
10	1,2	49,70	17,00	2,8	"

Бунгенберг де Ионг располагает анионы в следующий лиотропный ряд по их действию на набухание белков:



При этом SO<sub>4</sub> понижает набухание белков, а CNS — увеличивает.

Шулеруд считает, что соль K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> тормозит распад белков, ускоряет образование теста. Аналогичное действие оказывает CaSO<sub>4</sub>.

Козьмина, Шулеруд и др. особое значение придают олеиновой кислоте, оказывающей сильное тормозящее действие на набухание белков.

#### СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА РЖАНОГО ТЕСТА

В отличие от пшеничного теста ржаное не имеет скелета из сетки набухших белков. Основой его являются белки, перешедшие в раствор и образовавшие вязкую жидкость (Шулеруд), в которой распределены другая часть белков, ограниченно набухающая, и крахмал. На вязкость жидкой фазы ржаного теста влияют слизи муки. Следовательно, физические свойства ржаного теста зависят в первую очередь от вязкой жидкой фазы. Ржаное тесто не обладает эластичностью.

А. Г. Кульман [111] отмечает, что тесто из ржаной обойной муки обладает большей вязкостью и способностью к пластической деформации, чем тесто из пшеничной муки (II сорт).

И. М. Ройтер [206] установил, что ржаная мука дает более стойкую и мелкозернистую пену, чем пшеничная; это может быть объяснено лучшей пептизируемостью белков ржи [111].

#### КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. Ржаная и пшеничная мука одного и того же выхода требуют при замесе теста почти одинаковых количеств воды.

2. Белки ржаной муки до сих пор изучены недостаточно, поэтому нельзя точно сказать, почему при отмывании теста из ржаной муки не образуется такой связанной клейковины, как при отмывании теста из пшеничной муки. В данной работе разобраны некоторые теории, объясняющие, почему из пшеничной муки образуется связанная клейковина, а из ржаной — нет. Безусловно то, что белки ржаной муки по химическому составу несколько отличаются от белков пшеничной муки. Следует также отметить склонность белков ржи к большей набухаемости и более слабую их мицеллярную структуру по сравнению с белками пшеницы.

3. Крахмал ржи по химическому составу и физическому строению отличается от крахмала пшеницы, структура его более рыхлая. Предполагается, что крахмал в образовании ржаного теста играет более значительную роль, чем в пшеничном тесте.

4. В образовании ржаного теста, безусловно, играют роль слизи (высокомолекулярные коллоидные полисахариды), которыми богата рожь.

5. На образование и состояние ржаного теста влияют температура, добавление различных электролитов, поверхностно активных веществ и др.

6. Структурные свойства ржаного теста зависят в первую очередь от вязкой жидкой фазы (растворимых белков, слизей). Ржаное тесто пластично и не обладает эластичностью, у него значительно меньше период релаксации, чем у пшеничного.

**БИОХИМИЯ БРОЖЕНИЯ РЖАНОГО ТЕСТА**

В технологическом процессе приготовления хлеба брожение является существенной фазой, от которой во многом зависит качество выпекаемого хлеба.

В практике хлебопечения применяются два основных способа приготовления теста: на прессованных дрожжах и на заквасках. Одним из более усовершенствованных способов приготовления теста на заквасках является применение жидких дрожжей. Из обойной пшеничной муки тесто часто готовят на закваске, и в то же время бывают случаи, когда в ржаном тесте разрыхлителем являются прессованные дрожжи (например, морской хлеб). В основном из ржаной муки любого выхода и сорта тесто готовят на закваске, что вызывается особенностями химического и ферментативного состава ржаной муки.

Закваской называется любое бродящее хлебное тесто, содержащее молочнокислые бактерии и дрожжи, независимо от того, приготовлено оно из ржаной или пшеничной муки и какую оно имеет консистенцию. Следовательно, закваской будет и обычное кислое тесто, и головка (густое тесто), и квас (немного более жидкое тесто), и опара (жидкое тесто), и жидкие дрожжи, и жидкие полуфабрикаты (очень жидкой консистенции).

**СПОНТАННОЕ БРОЖЕНИЕ**

Если замесить тесто только из муки и воды и дать ему постоять при температуре 25° 10—12 час., затем в него несколько раз добавить муку и воду (увеличивая количество теста примерно в 1,5 раза) и подобные добавления производить через каждые 10—6 час. (постепенно снижая время) с одновременным увеличением температуры (до 28—30°), то уже перед первым освежением в тесте заметно небольшое брожение (появляются отдельные пузырьки). После 2—3 освежений брожение усиливается, больше выделяется газа, но запах у теста в это время бывает неприятный, несвойственный нормальному тесту. Примерно через 3 суток после начала опыта получается закваска, на которой в дальнейшем можно приготовить нормальный хлеб. Такая закваска будет недостаточно кислая по сравнению с обычной закваской, но запах, вкус и разрыхленность ее будут такими же,

как у нормальной закваски. Еще через 1—3 суток закваска приобретает уже нормальную кислотность. Необходимо учитывать, что при спонтанном брожении закваска не всегда получается одинакового качества. Это зависит от качества муки, консистенции теста, температуры и других факторов. Качество хлеба, приготовленного на такой закваске, также не одинаковое.

**МИКРОФЛОРА ЗЕРНА И МУКИ**

При приготовлении спонтанной закваски брожение вызывается в основном микроорганизмами, попадающими в закваску с мукой из воздуха.

Зерно, идущее на помол, бывает очень сильно обсеменено микроорганизмами. Так, по опытам В. Я. Гиршсона [39], в 1 мл воды до мойки зерна было около 1000 бактерий, а после мойки количество их доходило до 100 000—750 000. На количество микроорганизмов на зерне и в муке влияют условия хранения этих продуктов. Считают, что количество микроорганизмов в 1 г муки колеблется от нескольких тысяч до нескольких миллионов.

В микрофлоре зерна всех зерновых культур, а следовательно, и муки преобладают *Bacterium herbicola* (от 75 до 98% всего числа бактерий), относящиеся к эпифитным<sup>1</sup> микроорганизмам. Кроме того, встречаются бактерии из группы *Coli aerogenes*, споровые бактерии *Bac. mesentericus*, *Bac. mycoides*, *Bac. proteus vulgaris* и другие. Из дрожжей обнаружены некоторые виды *Torula Sacchogomyses* *pinog* и другие. Встречаются некоторые виды плесеней (мукоровые, аспергилловые и др.).

Шпикер [317] подробно изучал микрофлору ржи и пшеницы (табл. 43).

Таблица 43

Микроорганизмы	Содержание микроорганизмов в 1 г			
	ржи		пшеницы	
	среднее	пределы колебаний	среднее	пределы колебаний
Всего . . . . .	1 612 600	7600—11 565 000	3 071 900	2 402 000—3 524 000
В том числе:				
бактерий . . .	1 575 000	7000—11 565 000	3 045 000	2000—13 515 000
плесневых грибов . . . . .	37 500	100— 440 000	26 900	100— 550 000
Отношение плесневых грибов к бактериям . .	1:780	1:0,5—1:7725	1:429	1:2—1:7970

<sup>1</sup> Эпифиты — организмы, живущие на поверхности растений, но не питающиеся соками этих растений.



Рожь менее обсеменена спорами микроорганизмов, чем пшеница. Процент плесеней у нее также меньше по отношению к общему количеству микроорганизмов.

На зерне могут вегетировать и молочнокислые бактерии. И. С. Скалон [222] утверждает, что молочнокислые бактерии хлебных заквасок имеют общее происхождение с молочнокислыми бактериями, встречающимися на растениях и в почве. Он встречал на надземных и подземных частях растений молочнокислые бактерии *Streptobacterium plantarum* и *Betabacterium*, причем первый вид более распространен в природе, чем второй. Бактерии, выделенные из хлебных заквасок и различных растений, мало или почти не отличались ни по форме колоний, ни по составу образуемых ими кислот.

Разные исследователи дают разноречивые сведения о микрофлоре зерна и муки. Это можно объяснить тем, что они изучали микрофлору, образующуюся при самопроизвольном брожении теста, изучали материал разного происхождения и применяли неодинаковые методы анализа.

М. И. Ратнер [2] считает, что имеющиеся в настоящее время микробиологические сведения о пшеничной и ржаной муке не позволяют делать какие-либо обобщения о составе их микрофлоры.

Изучением самопроизвольного брожения теста и состава микрофлоры ржаных заквасок занимались многие ученые—Вольфер [329], Леманн [116], Холлигер [286], Кнудсен [291], Беккард [268], Шульц [309], Порлих [301] и др.

Из наших исследователей можно назвать В. Л. Омелянского [160], В. А. Николаева [153, 154], Г. Л. Селибера [216, 218], М. И. Ратнер [197, 201] и др.

В первой стадии самопроизвольного брожения теста развивается один или два вида беспоровой палочки, близкой по своим свойствам к обычной кишечной палочке (*Vac. coli*). Некоторые исследователи считают, что это один вид, аналогичный *Vac. coli aerogenes*. Вольфер считает, что это отдельный самостоятельный вид, который он назвал *Vac. levans*. Холлигер по способности разжижать желатин и по соотношению образующихся водорода и углекислого газа нашел две короткие палочки—одну, дающую на мясопептоновых питательных средах колонии грязно-белого цвета, палочки плоские с неправильными краями и другую, дающую колонии желтого цвета, палочки выпуклые с резко очерченными ровными краями. Первую он назвал «белым газообразователем», вторую — «желтым газообразователем».

Эти палочки образуют водород, углекислый газ, уксусную, молочную и некоторые другие кислоты.

Развитие *Vac. herbicola* и другой микрофлоры муки тормозилось быстрым закисанием теста, эти виды микроорганизмов с течением времени исчезали. Молочнокислые бактерии развивались и приостанавливали рост *Vac. coli*, *Vac. levans* и другой микро-

флоры муки, за исключением клеток дрожжей, для которых умеренная кислотность не только не препятствует развитию, но даже стимулирует их рост. В результате таких биохимических изменений в спонтанной закваске остаются только молочнокислые бактерии и дрожжи.

## МОЛОЧНОКИСЛЫЕ БАКТЕРИИ

Тесто и хлеб, приготовленные на нормально бродящей закваске, имеют достаточную кислотность и хорошо разрыхлены. Много работ посвящено изучению микрофлоры теста, продуцирующей кислоты и газообразные вещества.

Прежде всего наши ученые В. Л. Омелянский и Г. Л. Селибер, а за рубежом Беккард и Кнудсен и другие установили, что в разрыхлении теста, кроме дрожжей, участвуют и молочнокислые бактерии, образующие углекислый газ.

Были проведены опыты по приготовлению хлеба только на молочнокислых бактериях без дрожжей. Хлеб получался достаточно разрыхленным, но по качеству отличался от обычного, и этот способ не нашел применения.

Молочнокислые бактерии, вызывающие закисание молока, и молочнокислые бактерии кислого теста не идентичны между собой. С одной стороны, установлено, что молочнокислые бактерии теста не сбраживают лактозу, с другой стороны, опыты по выпечке хлеба на чистых культурах молочнокислых бактерий молока, проведенные Косинским, а также Палладиным, Креслингом и Карасевым, не дали положительных результатов: хлеб не обладал присущим ему вкусом и ароматом [2].

В заквасках и кислом тесте имеются, кроме молочной кислоты, также и летучие кислоты, в основном уксусная. Но уксуснокислых бактерий в заквасках не обнаружено.

Из ржаных заквасок выделены два вида молочнокислых бактерий: первый вид образует в основном только молочную кислоту, второй вид вызывает брожение с выделением молочной и уксусной кислот, а также газообразных веществ, в основном углекислого газа. Второй вид молочнокислых бактерий является преобладающим.

Разные исследователи, изучая закваски, выделяли из них наиболее распространенные бактерии. Иногда при ненормальных условиях брожения могли быть выделены и другие, нетипичные для обычных заквасок микроорганизмы. Выделяемые бактерии классифицировали по-разному.

Ранее исследователи ржаного кислого теста считали, что молочную кислоту в тесте образуют те же молочнокислые бактерии, которые вызывают скисание молока. Вольфер, Леманн считали, что *Vac. levans*, характерная для самопроизвольного брожения, является специфическим возбудителем брожения и в нормальном кислом тесте.

Позднее (1902 г.) Холлигер [286] считал, что в закваске имеются только бактерии разной длины, образующие в тесте исключительно молочную кислоту, которые он назвал просто заквасочными палочками.

Холлигер утверждает, что эта палочка близка к *Bac. acidificans longissimus*, подавляет всю другую микрофлору, вносимую с мукой, за исключением *Bac. lactis acidii* Leich.

Например, по Геннебергу, основной бактерией кислого теста является *Bac. panis fermentati*, образующая, помимо молочной кислоты, также и летучие кислоты.

Беккард, Селибер и другие в противоположность Холлигеру считают, что разрыхление кислого теста происходит не только за счет дрожжей, но также и за счет бактерий, образующих наряду с молочной и уксусной кислотами углекислый газ.

Кнудсен [291] выделил из теста три группы бактерий, вызывающих молочнокислое брожение:

1) *Streptobacterium plantarum* (Orla Iensen). Эта группа бактерий образует, кроме молочной кислоты, ничтожное количество других продуктов.

2) Бактерии, близкие к *Thermobacterium cereale* (*Bac. Delbrückii*). Бактерии этой группы не образуют газа и почти не образуют летучих кислот; они очень редко встречаются в нормально бродящем тесте.

3) Группа *Betabacterium* представлена тремя видами *Betabacterium*  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , которые различаются только по сбраживанию тех или иных сахаров. Все они образуют молочную и летучие кислоты, газ и спирт. Самым важным видом Кнудсен считает *Betabacterium*  $\gamma$ , не сбраживающую пентозы.

При освежении закваски, приготовленной на чистых культурах *Betabacterium*  $\gamma$  и *Streptobacterium plantarum*, последняя вытеснялась первой.

Академик В. Л. Омелянский [160] считает, что в закисшем тесте почти всегда встречаются, кроме обычной молочнокислой бактерии *Bacterium lactis acidii* (Leichmann), длинные молочнокислые бациллы *Bac. Delbrückii* (Leichm.) или *Bac. acidificans longissimus* (Lafarg) и *Bac. panis fermentati* (Henneberg).

В. А. Николаев [153] на основании своих исследований заквасок выделенные им бактерии теста называет *Lactobacillus panis acidii* и сводит их к трем основным видам  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ . В каждом виде бактерий он еще различает отличные друг от друга штаммы, например, бактерия  $\beta_1$  и бактерия  $\beta_2$ , бактерия  $\gamma_1$  и бактерия  $\gamma_2$ .

Бактерии, выделенные Николаевым, кроме молочной кислоты, образуют немного уксусной кислоты, спирт и углекислый газ. Все штаммы, выделенные Николаевым, не свертывают молоко.

Г. Селибер, А. Бычкова и И. Вольфсон [218] считают главными возбудителями кислого брожения теста две группы бактерий: группа А (*Streptobacterium plantarum*) и группу В (*Betabacterium*). Кроме того, ими из теста были выделены

еще бактерии группы С (*Thermobacterium*), группы D (короткие и тонкие палочки), группы E (коккообразные клетки) и группы F (*Bac. levans*).

Кокки (*Streptococcus lactis acidii* Berg), кроме Селибера, в тесте обнаружили в небольшом количестве также Николаев и другие, отнеся их к *Bact. lactis acidii* Leich.

Молочнокислые бактерии под влиянием разных факторов, в первую очередь температуры, изменяют свою форму (длину и толщину).

Н. Н. Худяков [251] отмечает, что *Bac. lactis acidii* иногда образует короткие цепочки, в результате чего меняется и их название *Streptococcus* (*Streptococcus Güntheri*, *Streptococcus lactiscus*). *Bac. Delbrückii* обычно образуют только молочную кислоту, но на заводах по производству молочной кислоты наблюдается иногда дегенерация (перерождение) этих бактерий, при которой они образуют летучие кислоты за счет уменьшения выхода молочной кислоты (Глаубиц, [41]).

Беккард [268] показал, что морфология и биохимическая деятельность молочнокислых бактерий сильно изменяются с изменением питательной среды и даже ее влажности.

Шульд [309] считает, что в кислом тесте имеются следующие виды бактерий:

*Bact. panis fermentati*, *Bact. lactis acidii* (Leichmann), *Bact. acidii lactisi* (Hüppe), *Bact. levans*, *Bact. coli*, *Sarcina lutea*, *Bact. prodigiosum*, *Streptococcus pyogenes*, *Micrococcus pyogenes*, *Micrococcus candidans*, *Micrococcus bicolor*, *Bac. megatherioides*, *Bac. mesentericus*, *Bac. panis* (mig.), *Bac. subtilis*.

Клюйвер и Донкер (по Прескотту и Дэну [173]) предложили группу молочнокислых бактерий, у которых конечным продуктом превращения углеводов является молочная кислота, называть гомоферментативными, а группу молочнокислых бактерий, образующих, помимо молочной кислоты, значительное количество летучих кислот и углекислоту, — гетероферментативными.

Учитывая вышеизложенное, в настоящее время считают наиболее правильной следующую классификацию молочнокислых бактерий, характерных для ржаного кислого теста.

Группа А — гомоферментативные бактерии (*Streptobacterium plantarum*) представляют собой длинные палочки с зернистым содержанием. Эти бактерии продуцируют главным образом молочную кислоту.

Группа В — гетероферментативные бактерии (*Betabacterium*  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) являются короткими палочками, реже они соединены в цепочки. Они образуют наряду с молочной кислотой большое количество летучих кислот (в основном уксусную) и углекислый газ.

В. А. Николаев [153] считает, что есть основание предпола-

гать, что ржаному тесту более свойственны штаммы  $\alpha$  и  $\gamma$ , а пшеничному —  $\beta$ .

Интересна работа И. С. Скалона [222] об изменчивости физиологических свойств молочнокислых бактерий под влиянием эколого-географических факторов.

Автор отмечает, что под влиянием климатических условий температурный оптимум развития у культур из южных районов *Streptobacterium planfarum* и *Betabacterium* повышается. Культуры *Str. plantarum* при оптимальной температуре размножаются быстрее, чем культуры из северных районов. Молочнокислые бактерии, полученные в южных районах, имеют повышенную биохимическую активность по сравнению с культурами, полученными в северных районах.

Э. С. Канель и М. П. Юргенсон отмечают разницу одинаковых культур, выделенных из различных образцов муки. Они отметили также влияние смешения разных культур молочнокислых бактерий на активность ферментов; ферменты смешанных культур действуют сильнее ферментов отдельных культур, более устойчивы к изменению pH среды.

М. И. Ратнер и Э. С. Канель [198] выделили из ржаных заквасок особые бактерии, разлагающие слизи ржаной муки.

#### ДРОЖЖИ ЗАКВАСОК

Установлено, что для получения нормального хлеба необходимо наличие в закваске симбиоза двух микроорганизмов: молочнокислых бактерий и дрожжей. Причем здесь имеет значение не только получение того или другого количества углекислого газа и степени разрыхления теста и хлеба, но также и многообразие взаимного влияния этих микроорганизмов.

Абсолютное количество микроорганизмов резко колеблется в зависимости от консистенции теста, стадии брожения, температуры, качества муки и многих других причин.

Хейнц и Глаусхофф [285] отмечают, что в спонтанно бродящем тесте встречается самая разнообразная дрожжевая микрофлора, которую они делят на три группы.

1. Мелкие удлиненные или крупные клетки дрожжей, обладающие слабой газообразующей способностью, но участвующие в образовании аромата теста.

2. Несколько большие по величине клетки, обладающие слабой газообразующей способностью или совсем не образующие газа.

3. Истинные дрожжи теста, активные газообразователи, отличающиеся от обычных прессованных дрожжей способностью развиваться и в кислой среде.

Шульц [309] сравнивал образование углекислого газа при приготовлении теста на обычных прессованных (хлебопекарных) дрожжах и на дрожжах, выделенных из заквасок (заквасочных дрожжах) (рис. 5). Как видно из графика, заквасочные дрожжи

как в кислом, так и в дрожжевом тесте образовали значительно больше углекислого газа.

В литературе имеются указания, что состав дрожжей в пшеничных заквасках отличается от состава дрожжей в ржаных заквасках; возможно, это зависит не от вида муки, а от разной кислотности заквасок.

До сих пор окончательно не выяснено, каким путем происходит изменение дрожжей в тесте: а) или под влиянием особых условий среды введенные извне, неприспособленные дрожжи отмирают, а развиваются другие дрожжи, попадающие в закваску с мукой или из воздуха; б) или внесенные дрожжи под влиянием среды изменяются, приспосабливаясь к новым условиям. Интересны работы В. И. Кудрявцева [104] об изменчивости дрожжей под влиянием среды и условий развития, в частности об изменчивости их ферментативного комплекса.

Все исследователи считают, что в ржаных заквасках преобладают специфические дрожжи, имеющие разные названия.

Типичные для ржаного кислого теста мелкие, круглые или несколько овальные дрожжи Лемани, Нейман, Селибер, Бургвиц относили к *Sacch. minor*. В. А. Николаев считает, что *Sacch. panis fermentati* Henneberg отличаются от *Sacch. minor* Engel только отсутствием спор.

М. И. Ратнер [2] находила в самопроизвольно забродивших ржаных заквасках следующие типы дрожжей: *Sacch. panis fermentati*, *Sacch. minor*, *Sacch. exiguus*, *Mycoderma* и *Willia*.

Кроме того, из многих ржаных заквасок были выделены более крупные дрожжевые клетки.

В. И. Кудрявцев [104] считает *Sacch. minor*, *Sacch. panis fermentati* и *Sacch. exiguus* синонимами и относит их к виду *Saccharomyces paradoxus* Batchinskaja (выделенному Бачинской). Данный вид дрожжей хорошо сбраживает глюкозу, галактозу, сахарозу и  $\frac{1}{3}$  раффинозы.

По С. П. Костычеву [86], при обильном доступе воздуха дрож-

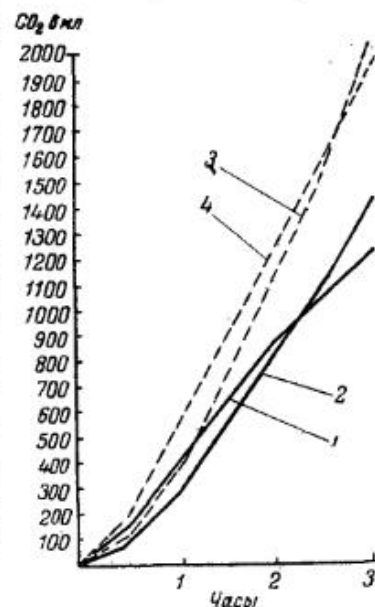


Рис. 5. Образование углекислого газа при приготовлении теста на прессованных и заквасочных дрожжах:

1, 2—тесто на прессованных дрожжах;  
3, 4—тесто на заквасочных дрожжах.

жи могут сбраживать молочную кислоту, манит и глицерин. При отсутствии кислорода дрожжи эти вещества не сбраживают.

В. И. Кудрявцев также отмечает, что в хлебных ржаных заквасках находятся дрожжи эллипсоидальной формы, относящиеся к виду *Sacch ellipsoideus* (по Кудрявцеву, к виду *Sacch Vini Meyen*). Этот вид дрожжей отличается от предыдущего еще способностью сбраживать мальтозу.

По П. М. Плотникову, дрожжи *Sacch. pilos* для своего развития и роста требуют значительно меньше сухих веществ, чем дрожжи *Sacch. cerevisiae*.

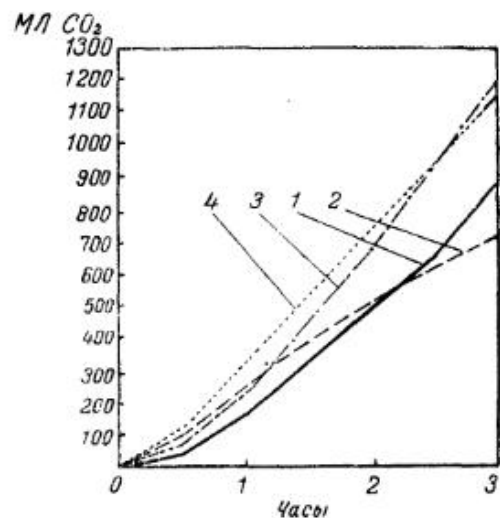


Рис. 6. Сравнение подъемной силы прессованных дрожжей и дрожжей ржаного теста:

1, 2 — тесто на прессованных дрожжах; 3, 4 — тесто на дрожжах ржаных заквасок.

Дрожжи ржаного теста в кислых заквасках имеют лучшую подъемную силу, чем прессованные дрожжи, что видно из рис. 6.

В. А. Николаев нашел в исследованных им заквасках 80% культурных и 20% пленчатых и диких дрожжей. Последний вид дрожжей обладает плохой газообразующей способностью, но они образуют ароматические вещества, в частности дрожжи *Willia* дают очень приятный аромат.

Симбиоз в тесте молочнокислых бактерий и дрожжей — очень интересное явление, имеющее большое практическое значение. При тестоведении необходимо учитывать взаимное влияние этих двух основных микроорганизмов.

Коэффициент размножения микроорганизмов зависит от количества клеток в 1 мл среды (засева) и от наличия питательных веществ в среде. Так, при добавлении в тесто более 2%

прессованных дрожжей от веса муки размножения их не наблюдается. Опыты Г. Л. Селибера [216] совместного выращивания на сусле дрожжей и молочнокислых бактерий показали, что коэффициент размножения того или другого микроорганизма и кислотность культуры зависят от количественного соотношения компонентов при засеве.

В литературе имеются указания, что постороннюю микрофлору в тесте подавляют не только молочнокислые бактерии, но и дрожжи.

Бактерицидные свойства дрожжей и мацерационного сока дрожжей очень наглядно показал Рорлих [301]. Он отмечает, что количество граммотрицательных бактерий начинает уменьшаться в тот момент, когда наступает активное размножение дрожжевых клеток.

Дрожжи при брожении, кроме спирта и углекислого газа, образуют небольшое количество кислот. По наблюдению Г. К. Бургвица и З. И. Пономаревой (по Лялину [133]), количество образующихся кислот колеблется в зависимости от различных факторов, в том числе и от природы дрожжей.

С. В. Дурмишадзе [53] утверждает, что молочная кислота является постоянным побочным продуктом естественного спиртового брожения. Образующаяся при спиртовом брожении молочная кислота оптически активна, диниковая соль ее вращает плоскость поляризации влево; кристаллизуется она с тремя молекулами воды. При этом автор считает, что выход молочной кислоты не зависит от вида дрожжей и что кислота получается как в аэробных, так и в анаэробных условиях брожения.

При наличии 10% исходного сахара в сбраживаемой жидкости молочной кислоты получается около 1 г на 1 л жидкости.

С. П. Костычев [86] указывает, что и уксусная кислота является побочным продуктом спиртового брожения.

Шпехт [316] отмечает, что растворимые азотистые соединения способствуют более быстрому размножению дрожжей.

По работам Рорлиха и Есснера [303], в присутствии пенициллина действие молочнокислых бактерий подавляется, а дрожжи, наоборот, развиваются более интенсивно.

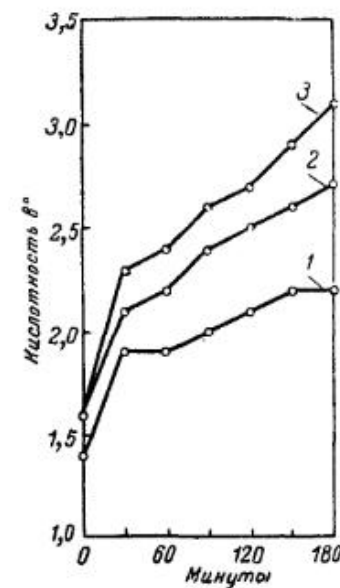


Рис. 7. Кислотонакопление в смеси муки и воды: 1 — без дрожжей; 2 — с 2% дрожжей; 3 — с 6% дрожжей.

Л. Я. Ауэрман [12] наблюдал накопление кислотности в пшеничном тесте без дрожжей и с 2 и 6% дрожжей, при этом дрожжи вызывали увеличение кислотности (рис. 7).

Л. М. Лялин [133] объясняет лучшее качество более зрелых заквасок по сравнению с молодыми тем, что молочнокислые бактерии хорошо гидролизуют белковые вещества муки, а продукты гидролиза служат питательными веществами для дрожжей. По-видимому, молочнокислые бактерии помогают дрожжам, не сбраживающим мальтозу, разлагать ее.

#### ХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ТЕСТЕ ПРИ БРОЖЕНИИ

При брожении в тесте происходят разнообразные химические изменения под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов и ферментов муки—гидролиз составных частей теста, образование новых веществ.

Для ржаного кислого теста имеет основное значение образование кислот.

В тесте преобладают молочная и уксусная кислоты; кроме того, обнаружены янтарная, яблочная, винная и лимонная, составляющие 8% общей кислотности хлеба.

Приводим данные М. И. Княгиничева и Г. Л. Дерковской-Зеленцовой [72] о содержании указанных кислот (в мг на 100 г продукта, табл. 44).

Таблица 44

Сорт хлеба	Содержание кислот в хлебе		
	молочной	винной и лимонной	яблочной и янтарной
Ржаной из обойной муки . . . . .	919	142	169
То же . . . . .	739	146	138
" . . . . .	739	139	132
" . . . . .	739	156	132
" . . . . .	744	146	125
Пшеничный из муки I сорта . . .	399	56	69
То же . . . . .	360	65	63
" . . . . .	346	63	60
" . . . . .	456	69	75
" . . . . .	456	69	67
Пшеничный из муки II сорта . . .	375	49	46
Хала . . . . .	375	53	43
" . . . . .	375	53	43
Батон . . . . .	328	60	46

Ниже приводится процентное содержание винной и лимонной, а также яблочной и янтарной кислоты по отношению к общему количеству кислот в тесте (табл. 45).

Таблица 45

Сорт хлеба	Содержание кислот в тесте		
	молочной	винной и лимонной	яблочной и янтарной
Ржаной из обойной муки . . . . .	73,1	13,8	13,1
Пшеничный из муки I сорта . . .	75,5	12,0	12,5

В процессе брожения ржаного теста одним из самых существенных моментов является одновременное образование молочной и уксусной кислот (летучих кислот) и их соотношение в тесте.

Соотношение между летучими и нелетучими кислотами в тесте сильно колеблется. Оно зависит в первую очередь от теста, которое анализируют, от способа приготовления его; влияет также и метод анализа и вид молочнокислых бактерий, находящихся в тесте.

Этому вопросу посвящено много работ.

Так, М. И. Ратнер и Э. С. Канель [199] отмечают, что в тесте, приготовленном на чистых культурах, в первые дни было 20% летучих кислот, а в тесте, приготовленном на спонтанных заквасках,—33%. В последующие дни эта разница между заквасками на чистых культурах и спонтанными исчезала. Нейман, исследовавший хлеб из сеяной муки, нашел в тесте 31—35% летучих кислот от общего количества кислот. Н. И. Проскураков и Н. Т. Прохорова [188] установили содержание молочной кислоты в ржаном хлебе 58—69%, а в пшеничном — от 17,3 до 73,1%. В частности, авторами была отмечена зависимость содержания молочной кислоты в пшеничном хлебе от способа приготовления: при безопарном способе ее было 30,7—33,1%, при опарном 65,1—73,1%. М. Н. Тульчинский и др. [244] в ржаных заквасках нашли молочной кислоты 67,01—67,23%, летучих кислот — 24,89—26,77% к общей титруемой кислотности. Н. Т. Прохорова [190] считает, что в ржаном хлебе количество летучих кислот колеблется от 40 до 50%. Интересные данные приводят М. Н. Тульчинский, З. И. Шмидт и И. С. Скалон [244] о колебаниях в содержании молочной и летучих кислот в зависимости от наличия отдельных штаммов и групп молочнокислых бактерий. Бактерии выращивали на ячменном неотфильтрованном заторе плотностью 10° по Баллингу (табл. 46 составлена на основании упомянутой работы; количество кислоты указано в % к общей титруемой кислотности, группы бактерий—по номенклатуре Селибера).

Таблица 46

Кислоты	Продолжительность брожения в час.	Колебания в содержании кислот в зависимости от штаммов молочнокислых бактерий по группам			
		А	В	С	Е
Летучие . . . . .	2	3,28—1,54	18,75—33,04	3,76—8,60	6,91—26,14
	7	6,41—9,82	18,48—38,75	4,79—10,50	5,89—32,54
Молочная . . . . .	2	71,89—93,90	53,30—77,12	69,43—92,75	61,48—83,36
	7	61,56—85,49	43,32—79,77	73,20—87,61	65,77—85,48

На накоплении кислотности сказывается влияние отдельных штаммов. Это особенно относится к летучим кислотам.

В своей работе, посвященной изучению микробиологии и биохимии кислого теста, Рорлих [303] уделял много внимания определению соотношения в тесте молочной и уксусной кислот при разных условиях, которое он называет коэффициентом брожения и обозначает его  $\frac{M}{J}$ . По его опытам этот коэффициент при

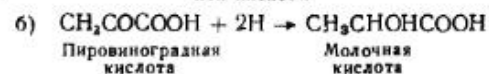
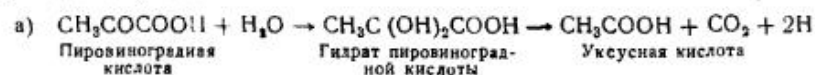
брожении ржаного теста от 3 до 9 час. колеблется от 2,7 до 3,3, что противоречит вышеприведенным данным М. Н. Тульчинского и др., по которым за 7 час. брожения теста отношение  $\frac{M}{J}$

уменьшалось. По Рорлиху, коэффициент брожения повышался и при брожении в течение 24 час., 30 час. и 14 дней соответственно до 4,0; 4,4 и 7,2. Указанное несоответствие опытных данных объясняется разными температурными условиями брожения.

Летучие кислоты состоят в основном из уксусной кислоты, но найдены и другие кислоты. Так, В. Л. Кретович и др. [92] нашли при помощи хроматографического метода в ржаном хлебе муравьиной кислоты 23,5 мг %, уксусной — 159 мг % (на с. в.). Н. Т. Прохорова [190] определила содержание летучих кислот в ржаном хлебе: уксусной 37,8—68,4%, пропионовой 28—52% и муравьиной 1,16—10,7%.

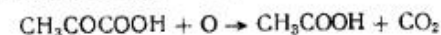
#### ПРИЧИНЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОБРАЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ И ЛЕТУЧИХ КИСЛОТ

При сбраживании глюкозы образование молочной и уксусной кислот проходит через стадию пировиноградной кислоты, при этом образование той и другой кислоты можно представить следующим образом:



Одновременно образование молочной и уксусной кислот объясняется дисмутацией пировиноградной кислоты.

В аэробных условиях уксусная кислота получается из пировиноградной кислоты по уравнению



На образование той или другой кислоты в сильной степени влияют условия брожения.

Если строго соблюдать одни и те же условия, соотношение между молочной и летучими кислотами будет постоянным. Темперин нашел, что в процессе брожения ржаного теста в течение от 9 до 96 час. отношение молочной кислоты к летучим кислотам оставалось постоянным, равным 2,46—2,65.

Спиртовое, молочнокислое и пропионовое брожения являются анаэробными; уксуснокислое, шавелевокислое и лимоннокислое — аэробными брожениями.

Г. М. Смирнова и М. П. Юргенсон изучали влияние аэрации в ржанных заквасках на состояние микроорганизмов. Работу проводили на чистых культурах. Были сделаны следующие выводы: при большом доступе воздуха в среду у большинства культур усиливалось кислотообразование; аэрация увеличивает количество летучих кислот и способствует размножению бактерий.

И. Л. Работнова считает, что гетероферментативные бактерии могут развиваться в широком диапазоне pH — от 11 до 30—32. В сильно аэробных условиях подавляется рост и брожение этих бактерий.

При кислотом брожении теста важным фактором является температура.

М. И. Ратнер и Э. С. Канель, изучая технологию и микробиологию ржаного теста [199], нашли изменение количества летучих кислот в зависимости от температуры брожения.

Содержание кислот в %

Температура °C	В заквасках на чистых культурах	В контрольных спонтанных заквасках
30	20	33
35	13	27

В последующие дни количества летучих кислот в опытной закваске было одинаковое.

В другой работе указывается, что при 35° количество летучих кислот снижалось примерно в 3 раза по сравнению с производственной закваской.

По данным Б. С. Алеева и М. И. Ратнер [2], колебания количества летучих кислот, накапливающихся в тесте, при изменении температуры не такие резкие; сохраняется общая закономерность — при повышении температуры уменьшается доля ле-

тучих кислот и повышается общая титруемая кислотность (табл. 47).

Таблица 47

Температура в °	Уксусная кислота		Молочная кислота		Общая титруемая кислотность в °
	в мг	в %	в мг	в %	
31	32,6	27,4	119,2	72,6	12,05
37	38,1	24,2	157,3	75,8	13,8
44	36,9	24,8	149,0	75,2	13,7
50	41,2	23,1	178,6	76,2	15,7

На соотношение уксусной и молочной кислот влияет консистенция закваски. Чем гуще (крепче) закваска, тем больше уксусной кислоты, тем выше общая кислотность (Л. Я. Ауэрман, М. И. Ратнер и др.).

На процессы обмена у молочнокислых бактерий оказывает большое влияние гетерогенность состава заквасок.

Изучая биохимические процессы, происходящие в ржаных заквасках, Рорлих [301] показал, какие химические вещества влияют на коэффициент брожения  $\frac{M}{J}$ .

При добавлении в бродящую закваску углекислого кальция (0,4—1,0%) коэффициент  $\frac{M}{J}$  увеличивается примерно на 40%, что указывает на увеличение количества молочной кислоты.

Обратное действие оказывает NaF, который подавляет фермент эналазу. При добавлении 6,8 мг NaF на 100 г муки  $\frac{M}{J}$  снижается с 2 до 1,5. При увеличении количества NaI подавляется образование как молочной, так и уксусной кислот.

Углекислый цинк (основной) действует так же, как углекислый кальций, при добавлении его в количестве 0,4% от веса муки начинается почти чистое молочнокислое брожение. По-видимому, прекращается процесс дисмутации и реакция идет только с образованием молочной кислоты.

Азид натрия ( $\text{NaN}_3$ ), не изменяя  $\frac{M}{J}$ , тормозит общее образование кислот.

М. Р. Гишман [34] показала, что уксусный альдегид при добавлении к культуре *Streptococcus citro vogus* увеличивает количество летучих кислот. При добавлении его к другим видам молочнокислых бактерий количество летучих кислот не увеличивается.

Прескотт, Дэн [173] сообщают, что, если при сбраживании глюкозы гетероферментативными молочнокислыми бактериями

добавить уксусный альдегид или ацетон, количество уксусной кислоты и углекислоты возрастает, а количество образовавшихся этилового спирта, молочной кислоты и глицерина снижается.

Шулеруд наблюдал, что молочная кислота угнетающе действует на процесс образования уксусной кислоты. При добавке на 100 кг опары 150 мл 80%-ной молочной кислоты в хлебе кислотность снижалась с 7—7,5° до 6—6,5°, а содержание летучих кислот уменьшалось с 45 до 38% (к общему количеству кислот) по сравнению с опытом без добавления молочной кислоты.

Рорлих и Есснер [303], вводя при приготовлении закваски 140—150 единиц пенициллина на 100 г муки, отметили снижение содержания уксусной кислоты в закваске до 47%, в то время как количество молочной кислоты оставалось неизменным.

Коэффициент  $\frac{M}{J}$  с 1,5—2,5 изменялся до 5,5. Но при действии пенициллина на бактерии Беккарда такого сдвига коэффициента  $\frac{M}{J}$  почти не происходило, поэтому авторы считают, что на различные бактерии закваски пенициллин действует по-разному.

Рорлих [302] отмечает, что никотиновая кислота и ее производные способствуют росту молочнокислых бактерий и образованию молочной кислоты.

Ввиду наличия в муке большого количества буферных веществ не придавали значения рН теста при контроле технологического процесса. В настоящее время считают, что рН теста тесно связан с качеством хлеба и что возможно по рН регулировать процесс брожения теста.

По работам Дорнера и Штефана [277] установлена зависимость между рН теста и эластичностью мякиша хлеба. Авторы также отмечают, что в пшеничном тесте рН выше, чем в хлебе, чего не наблюдается в ржаном тесте и хлебе.

Чайка [274] сообщает, что рН при приготовлении кислого теста и выпечке хлеба изменялся незначительно; в процессе черствения хлеба рН мякиша и корки постепенно снижался.

#### ИЗМЕНЕНИЯ В ТЕСТЕ ВО ВРЕМЯ БРОЖЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ФЕРМЕНТОВ И МИКРООРГАНИЗМОВ

Кроме кислотности при брожении изменяются белки и крахмал, в результате чего изменяются и структурно-механические свойства теста.

По А. И. Опарину, изменение белков и крахмала в бродящем тесте зависит, с одной стороны, от состояния самих белков и крахмала (их атакуемости) и, с другой стороны, от активности ферментов муки и микроорганизмов теста, то есть от белково-протеазного и углеводно-амилазного комплексов.

Но при брожении теста необходимо учитывать и другие факторы — окислительно-восстановительный потенциал теста ( $\text{rH}_2$ ),

активную кислотность (рН), температуру, пептизацию, действие активаторов, осмотическое давление.

Пшеничная и ржаная мука и зерно обладают разнообразным комплексом ферментов. Наиболее изученные из них — амилазы и протеазы. Кроме того, в муке имеются: фосфатазы, липазы, каталаза, тирозиназа, полифенолоксидаза, мальтаза, сахараза и другие ферменты.

При изучении гидролизующих ферментов и их действия надо учитывать теорию, выдвинутую нашими биохимиками, в частности Н. М. Сисакином [220], о том, что действие ферментов, связанных с липо-протеидным комплексом пластид клеток, направлено в сторону синтеза; при освобождении же ферментов, переходе их в раствор будут преобладать гидролитические процессы. Поэтому имеется связь между действиями разных ферментов. Это доказано на связи между гидролитической активностью амилолитических и протеолитических ферментов. Протеазы освобождают амилазы из связанного состояния, последние переходят в раствор и становятся активными.

Если для пшеничной муки большое значение имеет белково-протеиназный комплекс, то многочисленными работами доказано, что качество ржаной муки зависит в первую очередь от углеводно-амилазного комплекса.

**Амилазы.** Известно, что в растительных организмах существуют две амилазы —  $\alpha$  и  $\beta$  [176, 177]. Первая, или декстриногенамилаза, действуя непосредственно на крахмальное зерно, расщепляет крахмальные цепочки на сравнительно крупные части с образованием преимущественно высокомолекулярных декстринов (дающих с иодом синее или фиолетовое окрашивание), которые затем переходят в более мелкие фрагменты, не дающие окраски с иодом. Вторая, или сахарогенамилаза, действуя на крахмальный клейстер или на растворимый крахмал, отщепляет мальтозные молекулы с нередуцирующих концов цепочки с образованием  $\beta$ -мальтозы, при этом остается высокомолекулярный декстрин. В целом гидролизат крахмала под действием  $\beta$ -амилазы сохраняет синюю окраску с иодом;  $\alpha$ -амилаза вызывает быстрое исчезновение синей окраски.

Нагревание при 70° в течение 15 мин. полностью инактивирует  $\beta$ -амилазу, в то время как активность  $\alpha$ -амилазы при этом сохраняется на 75%. При таком разделении  $\alpha$  и  $\beta$ -амилазы имеют значение условия опыта, защитные свойства коллоидов. Так, например, при нагревании раствора  $\beta$ -амилазы пшеницы в присутствии ионов кальция она полностью инактивируется уже при достижении только 60°.

$\alpha$  и  $\beta$ -амилазы можно разделить, изменяя кислотность среды.

Если реакцию среды (кислотой) довести до рН 3,3 при 0°, то в течение 15 мин.  $\alpha$ -амилаза полностью разрушается, а  $\beta$ -амилаза сохраняется на 70—80%.

Частично можно фракционировать амилазу спиртом. Основная масса  $\alpha$ -амилазы выделяется при концентрации спирта 60%, для осаждения же  $\beta$ -амилазы требуется концентрация спирта около 80%.

Частичное фракционирование  $\alpha$  и  $\beta$ -амилаз осуществляют также сульфатом аммония.

При определенных условиях  $\alpha$ -амилаза адсорбируется на рисовом крахмале; изменением рН среды ее можно перевести в раствор. Таким образом ее выделяют из смеси.

До сих пор нет единого мнения по вопросу, какая амилаза имеется в нормальном, непроросшем зерне ржи. Необходимо отметить, что большинство работ по изучению амилаз проводилось на проросшем зерне и действие их определялось не на нативном, а на клейстеризованном крахмале.

Амилазы пшеницы изучены больше, чем амилазы ржи. Многие исследователи считают, что в покоем зерне пшеницы имеется только одна активная  $\beta$ -амилаза (о степени ее активности имеются разные мнения),  $\alpha$ -амилаза отсутствует или находится в зимогенном, покоем состоянии.

О наличии же  $\alpha$  и  $\beta$ -амилаз в непроросшем зерне ржи мнения исследователей расходятся.

Шулеруд [314] считает, что в ржаной муке, кроме  $\beta$ -амилазы, всегда имеется в небольшом количестве и  $\alpha$ -амилаза.

А. Я. Пумпянский [193] изучал активность  $\alpha$ -амилазы в 5 образцах 99% пшеничной муки и в 5 образцах 99% ржаной муки (по методам Глазунова и Вольгемута). Мука была смолота из зерна, в котором проросших зерен не было. Результаты опытов приведены в табл. 48.

Таблица 48

Номер образца ржи	Активность $\alpha$ -амилаз		Номер образца пшеницы	Активность $\alpha$ -амилазы	
	по Глазунову	по Вольгемуту		по Глазунову	по Вольгемуту
1	6,65	100	1	3,60	20,0
2	4,44	100	2	2,46	12,5
3	3,96	100	3	1,98	14,3
4	2,25	50	4	1,08	25,0
5	1,62	33	5	0,60	11,1
Среднее	3,78	76,6	Среднее	1,94	16,6

Активность  $\alpha$ -амилазы, особенно по методу Вольгемута, у ржаной муки значительно выше, чем у пшеничной.

В. Л. Кретович, Р. Р. Токарева и др. [102] установили, что при созревании зерна ржи  $\alpha$ -амилаза полностью исчезает.



Крахмал ржи более податлив к действию амилазы, поэтому активность углеводно-амилазного комплекса ржи выше, чем пшеницы и ячменя. Возможно, что  $\alpha$ -амилаза ржи легче переходит из связанного состояния в свободное. Кроме того, надо учитывать климатические условия — рожь произрастает в более северных районах, т. е. в районах с более влажным климатом, что отражается на активности ферментов.

На активность  $\alpha$  и  $\beta$ -амилаз влияют температура, pH и другие факторы.

Оптимальные температурные зоны (зоны температуры, при которой активность фермента была не ниже 90% максимальной величины).

С. И. Пронин и Б. М. Дах [178, 179] определили оптимальные температурные зоны для  $\beta$ -амилазы важнейших зерновых культур, а также и для  $\alpha$ -амилазы, причем в последнем случае пользовались солодом.

Для  $\beta$ -амилазы пшеницы и ржи оптимальная температура 48—51°, а для  $\beta$ -амилазы ячменя 45—51°.

Значение оптимальных зон для  $\alpha$ -амилазы зависит в некоторой степени от метода определения её активности (определение декстринирующей способности по колориметрическому методу, определение осаживающей способности по восстановлению фелинговой жидкости); в последнем случае имела значение также и концентрация вытяжек (табл. 49).

Таблица 49

Культура	Активность $\alpha$ -амилазы, определяемая		
	колориметрическим методом	по осаживающей способности	
		низкая концентрация вытяжки	высокая концентрация вытяжки
Пшеница . . . . .	54—62	57—63	60—66
Рожь . . . . .	51—54	51—60	54—63
Ячмень . . . . .	48—51	45—54	51—60

Авторы считают более достоверными данные, полученные при высокой концентрации вытяжки.

В. Л. Кретович, И. С. Петрова и Т. В. Дроздова, применявшие в качестве субстрата оклейстеризованный ржаной крахмал, нашли, что оптимальное действие как ржаной, так и пшеничной  $\beta$ -амилазы лежит в одной и той же температурной зоне — 45—50°.

Для энергетической характеристики амилаз применяют температурные коэффициенты, т. е. среднюю скорость нарастания температуры в определенном интервале (обычно 10°). Для  $\alpha$  и  $\beta$ -амилаз ржи и пшеницы они оказались очень близкими.

Для  $\alpha$  и  $\beta$ -амилаз ржи температурные коэффициенты приведены в табл. 50 (Пронин и Дах).

Таблица 50

Температура в °	Значение температурного коэффициента для		
	$\beta$ -амилазы		$\alpha$ -амилазы
	с фосфатным буфером pH 4,7	без буфера	
25—35	1,84±0,05	1,89±0,03	1,89±0,03
30—40	1,62±0,08	1,73±0,02	
35—45	1,48±0,03	1,66±0,01	1,52±0,02

Оптимальные зоны pH. Активность зерновых амилаз зависит как от температуры, так и от pH среды.

С. И. Пронин и Б. М. Дах [180] при фосфатноцитратном буфере определили активность  $\beta$ -амилазы ржи и пшеницы в зависимости от pH среды в интервале температур от 40 до 60° (табл. 51).

Таблица 51

Культура	Температура гидролиза в °	Оптимальная зона pH	Оптимальная точка pH
Пшеница . . . . .	40	4,23—5,38	4,60
" . . . . .	50	4,20—5,44	4,66
" . . . . .	60	5,15—5,44	5,44
Рожь . . . . .	40	3,76—4,66	4,23
" . . . . .	50	4,23—5,14	4,66
" . . . . .	60	4,66—5,14	5,14

Оптимальная зона действия  $\alpha$ -амилазы лежит при более высоком pH, чем  $\beta$ -амилазы.

На активность амилазы влияют и некоторые сахара, а также продукты реакции.

Тормозящее действие на амилазу оказывают глюкоза, галактоза, манноза и продукты распада крахмала—ахродекстрины и мальтоза.

В зерне пшеницы и ячменя около 66% всей амилазы находится в связанном состоянии, в зерне ржи, наоборот, 70% амилазы приходится на долю свободной. Кроме того, связанная амилаза ржи значительно легче переходит в раствор.

Из других карбогидрат в зерне и муке имеются мальтаза и сахараза.

Протеазы. Действие протеаз обуславливается активностью фермента и состоянием субстрата — белка, на который действует протеаза, т. е. от белково-протеазного комплекса.

М. П. Черников [255] отмечает большую сложность реакции расщепления белков протеиназами<sup>1</sup>. Расщепление белков протеиназой происходит ступенчато с образованием большого количества промежуточных продуктов, которые в свою очередь подвергаются дальнейшему воздействию фермента. Первой ступенью реакции является образование фермент-субстратного комплекса.

Изменение условий, при которых протекает реакция протеолиза, отражается на скорости реакции и на конечных продуктах ее. На протеолитическую реакцию влияют рН среды, температура, окислительно-восстановительный потенциал  $\text{tH}_2$ , количественное отношение фермента к субстрату.

Нельзя также недооценивать роли протеолитических ферментов в ржаной муке при освобождении амилаз. Протеазы<sup>1</sup>, гидролизуя белки, с которыми связаны амилазы, освобождают последние, что способствует усилению амилолиза.

Некоторые исследователи считают, что протеиназы ржаной и пшеничной муки различаются — протеиназа ржаной муки действует в более кислой среде, дезагрегирующее действие преобладает над собственно протеолитическим, фермент более энергично действует на глиадин, чем на глютеинин.

В нормальном зерне ржи из протеолитических ферментов имеются протеиназы, полипептидазы и депептидазы.

По отношению протеиназы ржаной муки к окислителям и восстановителям ее можно поместить в группу папаина, точнее в группу растительных катепсинов. Юргенсон и Щербакова отмечают, что активность ржаной протеиназы, определяемая по осаждению неизменного белка трихлоруксусной кислотой, выражается резче, чем активность, определяемая по приросту карбоксильных групп; это указывает на то, что действие протеиназы не вызывает глубокого расщепления белка, а выражается главным образом в дезагрегации его. В этом отношении протеаза ржи мало отличается от протеазы пшеницы.

В. Л. Кретович, И. С. Петрова и Т. В. Дроздова, проводя опыты с непроросшим зерном ржи, нашли, что оптимум протеолиза лежит при температуре 40° и рН 5,0—6,0 (определяли по количеству растворимого азота, не осаждаемого реактивом Барнштейна). В опытах с проросшим зерном оптимальная точка протеолиза была при рН 6,6. Определение протеолиза велось путем формального титрования. Изменение рН связано с появлением в проросшем зерне пептидаз. Авторы отметили, что активность протеаз ржи снижалась при добавлении окислителей (0,005% бромата калия).

М. П. Юргенсон [265], изучая действие протеолитических

<sup>1</sup> Протеолитические ферменты носят также общее название протеаз. Ферменты, действующие непосредственно на белки, часто называют протеиназами (примечание спецредактора).

ферментов ржи на отдельные белки зерна по приросту аминного азота, показала, что оптимальное действие смеси протеолитических ферментов в вытяжке из ржаной муки лежит для глиадина и глобулина при рН 3,7, а для глютеина при рН 4,9—5,6.

**Фосфатазы.** Обычно изучают фосфатазы проросшего зерна. Так, например, Адлер (цит. по Козьминой и Кретовичу [80, 81]) нашел в солоде две фосфатазы: одна из них переводит нерастворимые органические соединения в растворимые, другая действует на перешедшие в раствор неорганические соединения с образованием минеральной фосфорной кислоты. Предполагают, что этот второй фермент является фитазой.

Фитаза, адсорбированная в покоящемся зерне нерастворимыми белками, при прорастании освобождается благодаря действию протеаз.

Фитаза расщепляет находящуюся в муке фитиновую кислоту на инозит и фосфорную кислоту.

Фитаза ржи более активная по сравнению с фитазой других злаков. Активность фитазы определяют по скорости расщепления определенного количества фитина:

Рожь . . . . .	5—18 мин.	Ячмень . . . . .	43 мин.
Пшеница . . . . .	12—14 мин.	Овес . . . . .	11—15 час.

Адлер считает для фитазы, выделенной из солода оптимальными условиями действия температуру 56° и рН 5,4—5,5.

Мельгард для наиболее интенсивного расщепления фитина фитазой муки установил следующие условия:

Влажность теста . . . . .	48—49%
Содержание виннокислотной или молочной кислоты в тесте . . . . .	1,5%
рН теста . . . . .	5,1—5,3
Температура теста . . . . .	28—30°
Время брожения . . . . .	4 часа

При этом автор нашел, что в тесте из ржаной муки 92—94%-ного выхода за время брожения и расстойки расщепляется 50—60% фитиновой кислоты.

Специальная работа, проведенная В. Л. Кретовичем, Р. Р. Токаревой и Р. М. Дымшиц, была посвящена изменению активности фитазы в процессе приготовления ржаного теста (активность фитазы определяли по приросту неорганического фосфата, табл. 52).

В броющем тесте находятся микроорганизмы, обладающие активной фитазой, поэтому в тесте перед посадкой в печь активность фитазы выше, чем в тесте после замеса.

Образовавшиеся в тесте под действием фитазы фосфаты играют большую роль; они влияют на рН теста, участвуют в спиртовом и других видах брожения, служат для питания микроорганизмов.

Таблица 52

Активность фитазы				Прирост неорганической P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в % к исходной
после замеса		перед посадкой в печь		
в мг	в %	в мг	в %	
Рожь товарная сталинградская				
240	0,24	396	0,40	65,0
280	0,28	450	0,45	61,0
293	0,29	460	0,46	57,6
Рожь товарная украинская				
293	0,29	427	0,43	45,7
310	0,31	450	0,45	45,1
320	0,32	455	0,45	42,2

**Другие ферменты муки.** В ржаной и пшеничной муке находится липаза. Липаза пшеничной муки расщепляет триацетин лучше всего при pH 7,3—8,2. В зерне ржи и ржаной муке имеет каталаза, по ее активности часто судят о всхожести зерна.

Роль окислительных ферментов в муке изучали В. Л. Кретович и Т. В. Дроздова по интенсивности окисления разных аминокислот гомогенизированными суспензиями из проростков ржи. Легче всего окисляются дикарбоновые кислоты, и практически почти не окисляется лизин.

Кляр (цит. по С. И. Пронину [175]) обнаружил в зернах пшеницы и ржи кетональдегид-мутаза. Мутаза ржи легко растворяется в воде.

Фермент ржи — тирозиназа играет особую роль в потемнении ржаного хлеба при выпечке. Этот вопрос будет подробнее рассмотрен ниже.

**Ферменты микроорганизмов муки и бродильной микрофлоры.** Изучая ферменты муки и зерна, часто не учитывают влияния микрофлоры самих зерен, муки, а также теста. Зерно и мука обсеменены большим количеством попадающих извне микроорганизмов при созревании, уборке, хранении, помоле. Эти микроорганизмы обладают разнообразным активным комплексом ферментов.

Есть указания, что даже *Vac. herbicola* (основной вид эпифитной микрофлоры) до его подавления другими микроорганизмами образует кислоты и газ, а при совместном культивировании с другими бактериями активируют протеолитическую и амилолитическую способность последних.

М. П. Юргенсон [266], изучая комплекс микрофлоры ржаной муки и роль ее компонентов в процессе приготовления ржаного теста и хлеба, установила, что некоторые бактерии, выделенные из ржаной муки, обнаруживают заметную способность к кислотонакоплению в головках и обладают достаточно активным комплексом протеолитических ферментов. Эти ферменты вызывают расщепление белковых веществ ржаной муки при pH 5,0.

Кроме того, автор считает, что кислотообразующие бактерии муки оказывают также некоторое влияние на углеводы в процессе тестоведения, увеличивая с помощью своих ферментов содержание редуцирующих сахаров в тесте.

Определяя амилолитическую способность муки по динамике изменения состава сахаров в гидролизате или тесте (без внесения бродильных микроорганизмов) или определяя изменение количества растворимого азота и других форм азота, фактически всегда находят сумму действий амилолитических и протеолитических ферментов как самой муки, так и ферментов микроорганизмов, находящихся в муке.

При изучении ферментов микроорганизмов теста необходимо еще учитывать возможность выделения микроорганизмами ферментов в среду. Некоторые исследователи считают, что живая клетка не выделяет наружу своих ферментов, и что такое выделение происходит только из мертвой клетки. Другие делят ферменты микроорганизмов на экзоферменты, способные выделяться из клетки, и эндоферменты, которые действуют только внутри клетки.

Здесь необходимо учесть еще ряд факторов, влияющих на возможность прижизненного выделения ферментов из клетки, с одной стороны, влияние состава среды, с другой стороны, осмотического давления в самой клетке. Р. С. Кацнельсон [67] считает, если составные части среды способны проникать внутрь клетки, то фермент в среду из молодых клеток не выделяется; если же применять среды, составные части которых внутрь клеток не проникают, то происходит выделение ферментов в среду и молодыми клетками.

В настоящее время вводится в практику при производстве прессованных дрожжей оценка их по осмотической способности. Поэтому при изучении ферментативной активности микроорганизмов в тесте надо иметь в виду всегда наличие их в живом и мертвом состоянии. Безусловно, на выделение ферментов влияют температура и pH среды.

Основные бродильные микроорганизмы — дрожжи и молочнокислые бактерии обладают разнообразным ферментативным комплексом, при этом состав активных ферментов того или иного микроорганизма может изменяться под влиянием разных условий.

По Кудрявцеву, дрожжи вида *Saccharomyces paradoxus* Batshinskaja обладают стойкими ферментами — глюкозимазой,

сахарозой, раффинозой и нестойкой галактозимазой. У вида *Saccharomyces cerevisiae* Meyer стойкими ферментами являются глюкозидаза, сахараза, раффиноза, мальтаза и нестойкими — галактозидаза.

**Молочнокислые бактерии** обладают разнообразным комплексом амилалитических и протеолитических ферментов. Протеолитические ферменты некоторых бактерий, выделенных из ржаной муки, расщепляют белковые вещества муки при pH 5,0.

М. П. Юргенсон [266] отмечает различие в активности протеолитического комплекса ферментов у отдельных штаммов молочнокислых бактерий. Автор в мучную болтушку вносил 2% односуточной культуры молочнокислых бактерий при 30° и активность протеолитических ферментов определял по накоплению водорастворимого азота за 3,6 и 12 час.

Наличие активных протеолитических ферментов, выделяющихся в тесто, и молочнокислых бактерий подтверждает опыт М. П. Юргенсон [266]. Она вносила культуральную жидкость кислотообразующих бактерий в ржаную головку. Ферменты бактерий, перешедшие в жидкость, вызвали нарастание водорастворимого азота и некоторое увеличение непосредственно восстанавливающих веществ в тесте.

#### ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ТЕСТА ПРИ БРОЖЕНИИ

**Углеводы.** С. И. Пронин [174] отметил интенсивное образование редуцирующих веществ при самоосахаривании ржаной муки (при температуре 61°).

Ротч [304] нашел, что общее содержание непосредственно редуцирующих сахаров в ржаной муке несколько выше, чем в пшеничной; при этом в ржаной муке было больше глюкозы, в пшеничной — мальтозы. При самоосахаривании мучных болтушек количество глюкозы и мальтозы увеличивалось в 2—3 раза. Уже через час самоосахаривания в болтушке из ржаной муки преобладала мальтоза.

К. Н. Чижова [256] нашла, что количество непосредственно редуцирующих сахаров быстро возрастает при замесе теста, но сильно снижается при брожении (так же, как и общее количество растворимых углеводов).

М. П. Юргенсон напротив, отмечает, что количества непосредственно восстанавливающих сахаров и сахарозы заметно увеличиваются в процессе ведения ржаного теста. Эти данные в % на с. в. приведены в табл. 53.

Грифит и Джонсон [284] установили, что мальтоза легко сбраживается, если она является единственным пригодным для брожения сахаром. При наличии других сбраживаемых сахаров мальтоза, образующаяся при амиллизе, сбраживается очень незначительно. При раздельном добавлении в тесто левулозы и декстрозы они сбраживаются одинаково. При совместном добав-

Таблица 53

Номер опыта	Фаза	Содержание сахаров			Содержание декстринов
		естественных	инвертированных	общее количество	
1	Мука . . . . .	0,44	1,20	1,64	3,4
	Закваска . . . . .	1,66	0,75	2,21	2,31
	Тесто . . . . .	1,98	0,47	2,45	3,32
2	Закваска . . . . .	1,73	0,34	2,07	3,14
	Тесто . . . . .	4,61	0,10	4,71	3,44
3	Закваска . . . . .	0,22	1,20	1,42	3,5
	Тесто . . . . .	2,20	0,44	2,64	3,91

лении этих сахаров левулоза сбраживается значительно медленнее декстрозы.

Кох, Смит и Гедес [292] отмечают, что глюкоза сбраживается одинаково как в присутствии, так и отсутствии других сахаров.

Фруктоза хорошо сбраживается в отсутствие глюкозы и плохо в присутствии ее. Мальтоза лучше сбраживается в опарном тесте, чем в безопарном. Хлеб, выпеченный с сахарозой, содержит больше фруктозы, чем глюкозы.

Джонсон и др. [288] наблюдали за сбраживанием сахаров в жидком тесте разного состава (с сухим молоком, без сухого молока). В присутствии молока и муки сахароза сбраживалась лучше.

Древс [279] установил зависимость возрастания мальтозы в закваске с увеличением уксусной и уменьшением молочной кис-

Таблица 54

Углеводы	Мука	Опара	Жидкий полуфабрикат	Тесто		Хлеб	
				на опаре	на полуфабрикате	на опаре	на полуфабрикате
Общее количество . . . . .	76,11	66,13	68,41	66,64	70,30	64,99	66,77
Растворимые . . . . .	6,04	7,65	8,20	6,62	5,74	8,50	9,11
Крахмал . . . . .	70,07	58,48	60,21	60,02	64,56	56,49	57,66
Непосредственно восстанавливающие сахара . . . . .	0,95	2,88	0,74	2,21	1,42	2,15	2,44
Углеводы после 8-минутного гидролиза . . . . .	5,55	5,09	3,05	4,80	3,93	5,18	4,76
Углеводы после 3-часового гидролиза . . . . .	6,93	8,45	6,15	8,19	7,09	9,17	9,85

лоты. Он объясняет это явление тем, что большое количество уксусной кислоты подавляет деятельность микроорганизмов, продуцирующих молочную кислоту за счет редуцирующих сахаров. Одновременно задерживается и сбраживание сахаров дрожжами. Если тесто поставить на дрожжах и добавить уксусной кислоты, количество мальтозы увеличивается.

В. В. Щербатенко и др. [263] также наблюдали увеличение содержания растворимых углеводов и сравнительно небольшое уменьшение общего количества углеводов, и в частности крахмала (в % на с. в.), происходившие в процессе тестоведения (табл. 54).

Имеется предположение, что дрожжи, выращенные на мелассе (сахарозе), лучше сбраживают сахарозу, чем мальтозу; Шулеруд [314] считает, что это наблюдается не всегда.

А. С. Петрова и Л. П. Ульянова [166] установили следующие изменения количества и состава водорастворимых веществ в процессе приготовления ржаного теста (в % на с. в., табл. 55).

Таблица 55

Опытные образцы	Общее количество растворимых веществ	Сахара	Зола	Белки	Прочие водорастворимые вещества
Мука . . . . .	13,66	5,31	1,69	3,99	2,68
Головка . . . . .	16,26	3,57	1,49	5,94	5,26
Тесто . . . . .	17,66	4,70	1,94	5,14	5,84
Хлеб-мякиш . . . . .	19,03	4,64	1,82	3,16	9,40
Хлеб-корка . . . . .	20,21	4,43	2,06	2,70	11,01

Общее количество водорастворимых веществ в процессе приготовления ржаного хлеба все время возрастает за счет растворимого крахмала, декстринов и др.

Процент сахаров почти не изменяется на протяжении всего технологического процесса, а количество водорастворимых белков даже сокращается.

**Белки.** В процессе тестоведения белки ржаной муки способны к неограниченному набуханию и пептизации.

Изменение белков в ржаном тесте изучали А. В. Благовещенский, М. П. Юргенсон [25].

Изучались следующие фракции белка: водорастворимая (альбумин), солерастворимая (глобулин), спирторастворимая (глиадин) и растворимая в щелочи (глутенин). Разделение белкового комплекса на фракции производилось по методу Осборна.

Полученные результаты приведены в табл. 56 (в мг азота на 1 г с. в.).

Таблица 56

Фракции и номер образца муки	Содержание белка по фракциям в				
	муке	закваске	опаре	тесте	хлебе
Водорастворимый белок № 1	6,56	8,88	9,10	9,05	6,12
	8,13	11,50	10,00	10,90	7,05
Спирторастворимый белок № 1	4,99	3,51	3,60	3,68	3,95
	5,07	2,89	2,45	2,55	3,70
Солерастворимый белок № 1	3,57	2,65	2,36	2,38	2,94
	3,57	2,76	2,36	2,39	2,96
Щелочнорастворимый белок № 1	6,22	6,08	6,10	6,09	6,23
	6,56	6,29	6,22	6,20	6,35

Количество водорастворимого белка по ходу технологического процесса все время увеличивается (необходимо учитывать муку, добавляемую в опару и тесто). В хлебе количество этого белка уменьшается, так как при выпечке он частично коагулирует.

Спирто- и солерастворимых белков (глиадин и глобулин) в закваске, опаре, тесте и хлебе меньше, чем в муке.

Щелочнорастворимый белок (глутенин) так же, как глутенин пшеницы, почти не изменяется во время брожения. Следовательно, на него не действует протеиназа муки.

Более резкое нарастание водорастворимого и остаточного азота в жидких промежуточных фазах (опара, жидкий полуфабрикат) наблюдали В. В. Щербатенко и др. [264] (в % к общему азоту, табл. 57).

Таблица 57

Фракция	Мука	Опара	Жидкий полуфабрикат	Тесто		Хлеб	
				на опаре	на полуфабрикате	на опаре	на полуфабрикате
Водорастворимый азот . . . . .	28,31	55,01	71,51	47,06	52,39	32,48	28,70
Остаточный азот . . . . .	17,12	27,57	50,03	30,74	35,36	25,47	24,40

Наибольшее расщепление глиадина ржи происходит при pH 4,0—4,5, а глутенина — при pH 4,5—5,0. Максимальный прирост водорастворимого азота наблюдается при pH 5,0.

В. Л. Кретович и Т. В. Дроздова отмечают, что в процессе брожения ржаного теста не наблюдается глубокого расщепления

белков, о чем можно судить по небольшому количеству в тесте свободных аминных групп.

На степень распада белка в ржаном тесте влияют активаторы и парализаторы протеолиза, находящиеся в тесте.

Добавление цистеина, глутатиона и вообще веществ, содержащих свободные SH группы, значительно активизирует протеазу ржи, в результате чего увеличивается количество водорастворимого белка. Действие указанных активаторов зависит от того, в какой форме они находятся (окисленной или восстановленной).

Юргенсон и Щербакова выделенную из ржаной муки протеазу активизировали добавлением цистеина (протеаза I), затем этот же фермент инактивировали окислителем  $KBrO_3$  (протеаза II) и, наконец, этот же препарат снова активизировался цистеином (протеаза III).

В результате протеазы I и III действовали одинаково активно, а протеаза II не оказывала никакого влияния. Так же ведет себя и протеаза пшеничной муки.

Бродящее тесто из ржаной обойной муки содержит много глутатиона. Дрожжи, а возможно и молочнокислые бактерии довольно богаты глутатионом, который при брожении переходит в тесто. Динамика содержания глутатиона в бродящем ржаном тесте видна из работы В. Л. Кретовича и Т. В. Дроздовой (табл. 58).

Таблица 58

Фаза	Стадия	Содержание в мг % глутатиона в		
		тесте без дрожжей и закваски	тесте с закваской без дрожжей	в тесте с закваской и дрожжами
Головка	После замеса . . . . .	28,1	33,0	32,1
	Через 2 час. после замеса . . . . .	33,1	39,8	40,8
	В конце брожения головки (через 3,5 час. после замеса) . . . . .	39,5	42,4	43,1
Тесто	После замеса теста . . . . .	32,0	32,6	34,8
	Перед формовкой . . . . .	40,1	45,1	50,0
Хлеб	Хлеб . . . . .	23,4	23,7	24,0

Из той же работы видно что при добавлении цистеина в бродящее тесто значительно изменялось содержание аминного, небелкового и водорастворимого азота (табл. 59).

Добавление окислителей, например  $KBrO_3$ , в количестве 0,002% замедляло дезагрегацию глиадиновой фракции в конце брожения закваски и теста.

Таблица 59

Стадия	Влажность в %	Кислотность в °	Общий азот в %	Аминный азот в мг на 1 г с. в.	Небелковый азот в % к общему азоту		Водорастворимый азот в % к общему азоту
					осаждение по Барнштейну	осаждение вольфрамом натрия	

Тесто без цистеина

После замеса	48,0	6,4	1,88	4,8	1,14	1,18	3,82
Перед формовкой . . . . .	48,2	11,9	1,81	4,9	1,68	1,26	4,04

Тесто с 0,15% цистеина

После замеса	48,6	6,0	1,80	4,7	1,84	1,40	4,11
Перед формовкой . . . . .	48,4	11,6	1,78	4,8	1,80	1,46	4,83

Увеличение концентрации молочной и летучих кислот усилило действие протеолитических ферментов ржаной муки, в результате чего переход спирторастворимой фракции белка в водорастворимую значительно возрос. Это можно видеть из табл. 60 (по Юргенсон и Щербаковой).

Таблица 60

Фаза	Белок водорастворимый в % к общему азоту		Белок спирторастворимый в % к общему азоту	
	с меньшей кислотностью	с большей кислотностью	с меньшей кислотностью	с большей кислотностью
Мука . . . . .	3,2	3,2	11,1	11,1
Закваска . . . . .	7,65	10,5	7,9	5,5
Тесто . . . . .	5,5	8,5	9,75	6,95

Мицумато [137], изучавший механизм окисления теста при разжижению теста при добавлении специфических реактивов на SH-группы хлорбензолата ртути и бромата калия, пришел к заключению, что  $KBrO_3$  задерживает разжижение теста не через окисление протеолитических ферментов, как обычно считают, а непосредственно действуя на SH-группы молекул белка.

Потери с. в. муки при брожении могут сильно колебаться от условий брожения. Приводим данные (табл. 61) М. И. Княгини-

Таблица 61

Потери	Закваски 25%		Температура теста 34-36°	
	температура брожения теста в °		закваски в %	
	28-30	34-36	25	40
При брожении закваски . . . . .	0,250	0,250	0,250	0,400
При брожении теста . . . . .	0,486	0,380	0,378	0,358
При расстойке теста . . . . .	0,194	0,150	0,182	0,180
Сумма потерь по углекислоте . . . . .	0,930	0,780	0,810	0,938
Потери спирта (40% от всего количества образовавшегося спирта при выпечке)	0,388	0,326	0,339	0,392
Общие . . . . .	1,318	1,106	1,149	1,330

чева, П. М. Плотникова и др. [74] о потере сухого вещества муки при приготовлении ржаного хлеба разными способами (в % на с. в. муки).

#### КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. В результате спонтанного брожения, возникающего в тесте, большая часть эпифитной микрофлоры зерна подавляется и в закваске начинают преобладать молочнокислые бактерии и дрожжи.

2. Основным видом молочнокислых бактерий в ржаном кислом тесте является «группа В—гетероферментативные бактерии (*Betabacterium*  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ )», кроме того, встречаются в меньшем количестве бактерии «группы А—гомоферментативные бактерии (*Streptobacterium plantarum*)». В ржаном тесте также имеются молочнокислые стрептококки, пока еще неустановленного вида. Значительно реже встречаются термофильные молочнокислые бактерии.

3. В кислом ржаном тесте преобладающими являются два вида дрожжей: *Saccharomyces cerevisiae* и *Saccharomyces minor*.

4. Под влиянием среды и условий брожений морфологические и физиологические свойства и количественное соотношение молочнокислых бактерий и дрожжей в тесте значительно изменяются.

5. Для получения нормального ржаного хлеба необходимо наличие в закваске и тесте симбиоза молочнокислых бактерий и дрожжей. Эти два вида микроорганизмов биологически взаимно влияют друг на друга.

6. Гетероферментативные молочнокислые бактерии образуют, кроме молочной кислоты, углекислый газ. Установлено также,

что дрожжи при спиртовом брожении могут, помимо углекислого газа, продуцировать молочную кислоту.

7. Всегда в кислом тесте имеются молочная, уксусная и небольшое количество других кислот. Соотношение летучих и нелетучих кислот в тесте сильно колеблется и зависит от условий технологического процесса.

Повышение температуры, уменьшение консистенции, добавление углекислого кальция, углекислого цинка и пенициллина увеличивают отношение молочной кислоты к уксусной. Аэрация, понижение температуры, повышение консистенции, добавление фтористого натрия, наоборот, уменьшают это отношение.

8. Можно считать доказанным, что качество ржаной муки зависит в первую очередь от углеводно-амилазного комплекса.

Рядом работ подтверждено, что активность амилазы ржи выше, чем пшеницы; до сих пор точно не установлена роль в отдельности  $\alpha$  и  $\beta$ -амилаз в непроросшем зерне ржи.

9. Из протеаз в непроросшем зерне ржи имеются протеиназы, наличие пептидаз и дипептидаз точно не установлено.

Рожь по сравнению с другими злаками обладает наибольшей активностью фитазы.

10. Надо учитывать, что, определяя амилолитическую способность муки по динамике изменения состава сахаров в гидролизате или тесте (без внесения бродильных микроорганизмов) или определяя изменение количества растворимого азота и других форм азота, мы фактически всегда определяем сумму действия амилолитических и протеолитических ферментов как самой муки, так и ферментов микроорганизмов, находящихся в муке. Бродильная микрофлора ржаного кислого теста богата разнообразными ферментами.

11. В ржаной муке и тесте содержится больше растворимых углеводов, чем в пшеничных. Результативная кривая наличия сахаров в тесте зависит от скорости их накопления ферментами и скорости сбраживания их микроорганизмами.

12. Белки ржаной муки в процессе тестоведения способны к неограниченному набуханию и пептизации. При брожении ржаного теста не наблюдается глубокого расщепления белков.

## УСЛОВИЯ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС ПРИГОТОВЛЕНИЯ РЖАНОГО ТЕСТА

Существует много способов приготовления теста из ржаной муки. Каждый способ имеет положительные и отрицательные стороны, и трудно дать суммирующее заключение о достоинстве того или другого способа. Более правильно будет разобрать факторы (условия), от которых зависит процесс приготовления ржаного теста.

К ним относятся:

1. Фазность (количество фаз, процент предыдущей фазы).
2. Консистенция заквасок (соотношение воды и муки).
3. Температура.
4. Способы образования микрофлоры теста (спонтанное брожение, чистые культуры, жидкие дрожжи).
5. Вспомогательное сырье — рецептура (соль, солод, заварка, другие виды муки, улучшители, ароматизирующие вещества, крупнота помола муки и др.).
6. Механическое воздействие на тесто (непрерывный и периодический замес, обминки, перемешивание).

### ФАЗНОСТЬ

Для приготовления любого бродящего теста необходимо иметь определенное количество клеток микрофлоры на 1 г или 1 кг теста. Так, по работам микробиологической лаборатории ВНИИХПа в готовом пшеничном тесте, приготовленном на прессованных дрожжах, после окончания брожения, число дрожжевых клеток в 1 г теста составляло от 80 до 140, а в тесте на жидких дрожжах — от 60 до 100 млн. (соотношение муки и воды 1:0,6). В 1 г ржаной закваски дрожжевых клеток было от 30 до 38, а молочнокислых бактерий — от 720 до 1300 млн. (соотношение муки и воды 1:1). Количество микроорганизмов в 1 г теста (закваски) зависит от ряда причин. При внесении, например, в пшеничное тесто 2% прессованных дрожжей от веса муки дальнейшего увеличения количества дрожжевых клеток при брожении не происходит.

Источником микроорганизмов брожения в тесте могут быть прессованные, жидкие и сухие дрожжи, закваски и разводка чистых культур.

В производственных условиях при приготовлении ржаного хлеба применяют одну, две и три фазы; при разводочном цикле — четыре, пять фаз; при спонтанном возобновлении брожения количество фаз может быть шесть-десять.

Обычно при замесе каждой новой фазы добавляют воду и муку. В муке имеется достаточное количество питательных веществ, необходимых микроорганизмам брожения.

Во время брожения меняются структурные свойства теста, происходит его разжижение. Во время брожения происходят химические изменения в тесте — образование кислот, спирта, увеличение водорастворимых веществ, образование декстринов и др. Изменяется pH среды и окислительно-восстановительный потенциал.

Если для приготовления теста берут не одну партию муки, а две или три, то муку из этих партий смешивают или используют отдельные партии в разные фазы приготовления теста с учетом ее качества. Для приготовления головки, кваса, опары лучше брать муку с меньшей амилотической активностью, а при замесе теста, наоборот, можно использовать муку с большей амилотической активностью. На первую фазу приготовления ржаного теста используют муку, которая требует длительного брожения. Закваска (головка, квас), служащая для возобновления брожения, всегда должна готовиться на муке хорошего качества.

Представляет интерес вопрос о влиянии количества предыдущей фазы на последующую фазу, на тесто и в конечном результате на хлеб. Этот вопрос довольно сложный, т. к. стабильности качества, как у прессованных дрожжей, у закваски добиться трудно.

В большем количестве закваски (предыдущей фазы) имеется больше дрожжевых и молочнокислых клеток, а следовательно, и продуктов брожения (в основном кислот). То и другое влияет на процессы, происходящие в новой фазе. Следует, однако, отметить, что даже одно и то же количество предыдущей фазы по-разному отражается на процессе брожения в зависимости от условий ведения теста (консистенции, температуры и пр.).

А. Я. Пумпянский установил динамику нарастания кислотности в заквасках при разном количестве исходной закваски. Работа проводилась при температуре 28° и при постоянном соотношении муки и воды в заквасках (1:1). Исходной закваски брали от 0 до 25% от веса приготовляемой закваски; продолжительность брожения 6 час. Результаты работы в градусах титруемой кислотности приведены в табл. 62.

Рассматривая эту таблицу необходимо отметить, что одинаковую кислотность можно получить при любом количестве исходной закваски. При меньшем количестве закваски для получения необходимой кислотности потребуется больше времени.



Таблица 62

Продолжительность брожения в часах	Кислотность закваски в ° при количестве исходной закваски в %					
	0	2,5	5	10	20	25
0	2,0	2,2	2,4	3,0	4,0	4,2
1	2,4	3,2	3,6	4,6	6,2	6,4
2	3,0	4,0	5,4	7,4	8,4	8,6
3	3,2	5,2	7,2	8,2	11,2	11,4
4	3,4	7,2	8,4	9,2	13,0	13,2
5	3,8	8,2	9,4	10,2	13,6	13,8
6	4,0	9,4	11,6	13,6	14,6	14,8

Интенсивность нарастания кислотности по отдельным часам брожения колеблется в среднем (если исключить спонтанное брожение и минимальное количество исходной закваски 2,5%) от 1,5 до 2,2° за 1 час (больше при 20 и 25%).

Практически закваска бродит 3—4 час., а тесто около 1 час. Из той же работы Пумпянского интенсивность нарастания кислотности в тесте (в °) при температуре 36° за 1 час брожения была при 5% предыдущей фазы — 1,4, при 15% — 1,7 и при 25% — 1,9. Данные Пумпянского были подтверждены работами М. И. Княгиничева, П. М. Плотникова и др. [74], которые установили, что в среднем за 1 час брожения количество молочной кислоты в мг на 100 г теста при 25% закваски выросло на 163,8, а при 40% — на 199.

В этой же работе показано, что при температуре брожения теста 34—36° с 25% закваски потери с. в. в % к с. в. муки были от 1,106 до 1,149, а в тесте с 40% закваски — 1,330.

В практике хлебопечения для приготовления ржаного хлеба применяют разное количество исходной закваски. Так, при головочном способе для приготовления теста берут 1/3 головки, реже 1/4 и 1/2 головки. При опарном способе тестоведения исходной закваской служит готовое тесто, обычно его берут от 10 до 20% для приготовления жидкой опары.

Количество исходной закваски зависит также и от ее качества, т. е. от способности к кислотонакоплению и от подъемной силы ее. Зная кислотность предыдущей фазы, можно рассчитать, сколько надо взять исходной закваски для получения определенной начальной кислотности приготавливаемой фазы. При этом необходимо сделать поправку на бродильную способность закваски.

Если приходится готовить тесто на недоброкачественной закваске, то следует брать ее как можно меньше, чтобы затем

при правильных условиях ведения отдельных фаз восстановить нормальную микрофлору закваски.

Время брожения отдельных фаз сильно колеблется и зависит не только от количества предыдущей фазы, но и от других факторов (качество предыдущей фазы, температуры, консистенции, добавления дрожжей и пр.). Густая головка бродит от 150 до 300 мин., жидкая опара от 200 до 250 мин. Тесто на головке (1/3) бродит дольше (90—135 мин.), чем тесто на опаре (40—90 мин.). В отдельных случаях при большом количестве головки (2/3) и добавлении дрожжей время брожения теста сокращается до 20—30 мин. По новой технологии ВНИИХПа на жидком полуфабрикате время брожения теста сокращается до 10—15 мин. [264].

Штефан [319] приготавливал тесто на двойном количестве полуголовной закваски. Хлеб, приготовленный из этого теста, имел нормальную кислотность, но другим показателям не отличался от контрольного образца, только вкус хлеба был более резкий.

Конечным критерием для решения вопроса о количестве предыдущей фазы с учетом других факторов является получение в тесте в конце брожения оптимальной кислотности и подъемной силы.

Высокая кислотность исходной закваски (13—14°) снижает качество хлеба.

Отрицательное влияние излишней кислотности закваски (головки) на качество хлеба подтверждается работами С. Я. Топориной и Э. С. Канель.

Интересное обоснование необходимости добавления новых порций муки и воды в процессе приготовления ржаного теста дает Шулеруд [314]. В бродящем ржаном тесте значительная часть белка переходит в растворенное состояние. При добавлении новой порции муки и воды разбавляется раствор, но набухание белка добавленной муки уменьшает подвижность теста.

В настоящее время в связи с развитием непрерывного процесса приготовления хлеба (непрерывный замес и брожение) многофазность процесса исключается [264].

### КОНСИСТЕНЦИЯ ЗАКВАСОК

Консистенция теста зависит от сорта выпекаемого хлеба. Между влажностью теста и влажностью мякиша хлеба имеется прямая зависимость, и поэтому регулировать консистенцию теста можно в очень узких пределах. При существующих способах приготовления заквасок влажность их колеблется от 50 до 75%.

Консистенция теста при замесе влияет на все биохимические процессы, происходящие в нем при брожении.

В работах А. Я. Пумпянского, М. И. Княгиничева, П. М. Плотникова, З. И. Шмидт приводятся данные о влиянии конси-

стенции закваски на кислотонакопление (табл. 63 и 64), из которых видно, что в густых заквасках кислотонакопление идет более интенсивно.

Таблица 63

Показатели в °	Соотношение муки и воды				
	1:0,74	1:1	1:2	1:3	1:4
	Кислотность в начале брожения . . . . .	3,5	3,2	2,5	1,9
Кислотность в конце брожения . . . . .	17,6	16,9	13,0	10,6	9,0
Абсолютное нарастание кислотности за 5 час. . . . .	14,1	13,7	10,5	8,7	7,5
Интенсивность нарастания кислотности на 1 час . . . . .	2,82	2,74	2,10	1,74	1,50

Таблица 64

Показатели	Лабораторные опыты			
	жидкие закваски		густые закваски	
	среднее	колебания	среднее	колебания
Общая кислотность в °				
в начале брожения . . . . .	5,5	4,9 — 5,8	4,0	3,7 — 4,4
в конце брожения . . . . .	10,1	9,8 — 10,2	9,8	9,5 — 10,3
Нарастание кислотности за период брожения . . . . .	4,6	4,3 — 4,9	5,8	5,4 — 6,6
Летучие кислоты в %				
в начале брожения . . . . .	18,3	16,2 — 19,6	17,3	12,0 — 23,0
в конце брожения . . . . .	23,4	21,3 — 25,4	32,6	24,0 — 35,0
Нарастание кислот за период брожения . . . . .	30,0	27,8 — 35,0	43,3	39,4 — 48,4
Концентрация водородных ионов (pH)				
в начале брожения . . . . .	4,92	4,40 — 5,27	5,17	4,63 — 5,69
в конце брожения . . . . .	4,28	3,92 — 4,49	4,48	4,30 — 4,66
Нарастание pH . . . . .	0,64	0,08 — 1,18	0,69	0,23 — 1,04

Продолжение

Показатели	Производственные опыты			
	жидкие закваски		обычные производственные головки	
	среднее	колебания	среднее	колебания
Общая кислотность в °				
в начале брожения . . . . .	5,3	4,6 — 6,0	5,9	5,2 — 6,5
в конце брожения . . . . .	10,0	9,2 — 10,8	14,7	13,8 — 16,0
Нарастание кислотности за период брожения . . . . .	4,7	3,6 — 6,0	8,8	7,8 — 10,2
Летучие кислоты в %				
в начале брожения . . . . .	18,1	15,5 — 20,0	14,8	13,3 — 17,3
в конце брожения . . . . .	18,2	16,2 — 19,5	26,1	23,8 — 28,1
Нарастание кислот за период брожения . . . . .	18,0	13,8 — 21,8	34,0	30,8 — 35,6
Концентрация водородных ионов (pH)				
в начале брожения . . . . .	—	—	—	—
в конце брожения . . . . .	—	—	—	—
Нарастание pH . . . . .	—	—	—	—

Нейман [152] объясняет это явление менее благоприятными условиями для жизнедеятельности дрожжей в густом тесте и накоплением продуктов брожения.

Консистенция закваски влияет не только на кислотность, но и на другие показатели. Ниже приводятся данные М. И. Ратнер и С. Я. Топорниной [200] по накоплению молочнокислых бактерий в жидкой и густой заквасках в млн. клеток в 1 г.

Закваска	Количество молочнокислых бактерий при брожении закваски в течение часов		
	6	14	22
Густая (мука:вода 1:1) . . . . .	720	1280	1300
Жидкая (мука:вода 1:1,8) . . . . .	540	985	1280

М. И. Княгиничев и др. находят в 1 г жидкой закваски (мука:вода 1:2,4) в конце брожения в среднем 1685 млн. бактериальных клеток (от 1378 до 2144 млн.). По их данным можно

сделать предположение, что чем жидче среда (до какого-то предела), тем интенсивнее размножаются бактерии.

В тесте при брожении и при расстойке эти же авторы находили бактерий в млн. в 1 г (табл. 65).

Таблица 65

Стадия	Среднее количество бактерий	
	в начале брожения	в конце брожения
Брожение теста . . .	617	1077
Расстойка теста . . .	—	1502

Авторы по-разному освещают вопрос о влиянии консистенции закваски на наличие и развитие дрожжей. Они считают, что в густых заквасках дрожжи совершенно отсутствуют, а в жидких заквасках их очень мало и приводят следующие данные (в млн. в 1 г, табл. 66).

Таблица 66

Стадия	Среднее количество дрожжевых клеток	
	в начале брожения	в конце брожения
Закваска . . . . .	—	6,9
Тесто . . . . .	3,8	6,1
Тесто при расстойке .	—	4,5

Напротив, по данным М. И. Ратнер, больше дрожжевых клеток в густой закваске (в млн. в 1 г, табл. 67).

Таблица 67

Закваска	Количество дрожжевых клеток через		
	8 час.	14 час.	20 час.
Густая (мука : вода 1 : 1) . . . . .	38,0	28,8	30,2
Жидкая (мука : вода 1 : 1,8) . . . . .	20,2	19,6	17,8

#### ТЕМПЕРАТУРА ЗАКВАСКИ И ТЕСТА

А. Я. Пумпянским [193], П. М. Плотниковым [74, 168, 170], В. В. Щербатенко [264], М. И. Княгиничевым [74], Е. А. Гладковой [40] и Т. Б. Лапиной [115] предложены ускоренные спо-

собы приготовления заквасок и теста (в основном из ржаной муки) за счет увеличения температуры брожения.

Обычная температура брожения ржаных заквасок и теста 28—30°. Авторы предлагают повысить температуру заквасок до 32—33° или 34—36°.

Изменение температуры влияет на микробиологические, ферментативные и коллоидные процессы.

Температурные условия прежде всего отражаются на микрофлоре теста.

При повышении температуры создаются новые условия для микроорганизмов в тесте — уменьшается растворимость кислорода, CO<sub>2</sub> и других газов, увеличивается растворимость солей, повышается осмотическое давление и т. д.

Высокая температура вызывает значительное изменение в проницаемости микробной клетки. Учитывая также, что термофильные микроорганизмы имеют весьма энергичный обмен, диффузия питательных веществ и продуктов обмена у них должна протекать очень быстро, в результате чего наступает быстрое старение термофилов.

При длительном ведении теста при определенной температуре происходит отбор штаммов и рас микроорганизмов, приспособленных к этой температуре, у которых устанавливается особый обмен веществ, активизируются соответствующие ферменты, изменяется скорость отдельных жизненных процессов, например скорость освобождения ферментов из клеток.

Так, вырабатываемые на дрожжевых заводах прессованные дрожжи имеют оптимум размножения при температуре 25—27°, а оптимум спиртового брожения — 30—36° (Философов [285], Нейман, Пельсенке [296]).

Оптимум развития обычных мезофильных молочнокислых бактерий теста находится в пределах 32—35°. При изменении температуры изменяется обмен веществ в клетке, в результате чего выделяются и другие продукты обмена.

При повышении температуры дрожжевые клетки становятся меньше, делаются более круглыми. Г. М. Смирнова отмечает, что при температуре 25—30° в заквасках преобладали молочнокислые бактерии в виде палочек средней длины, при температуре 35—40° преобладали короткие палочки и кокки.

В области изучения микробиологии и биохимии термофильных микроорганизмов много работали А. А. Имшенецкий [77, 78], Е. Н. Мишустин [147], С. З. Броцкая [28], Л. Г. Логинова [118, 120], Н. И. Проскураков и Н. В. Дмитриевская [185], Бук [272], Машманн [294], Кастелл [273] и др.

Термофильные микроорганизмы имеют оптимум своего развития при 50—65°. Микроорганизмы, же имеющие оптимум развития 35—45°, относят к термотолерантным формам. А. А. Имшенецкий считает, что среди молочнокислых бактерий термофильные виды неизвестны, поэтому правильной было бы также

бактерии, как *Vac. Delbrückii*, отнести к термотолерантным микроорганизмам. Но в литературе подобные бактерии относят к термофильным.

Термофильные дрожжи в природе встречаются очень редко: так Джонсон и Хар (цит. по Мишустину [147]) из листьев эвкалипта выделили дрожжи, названные ими *Saccharomyces thermotitonus* с температурным оптимумом, находящимся между 39—45°. Е. Н. Одинцова [159] дает описание дрожжевым клеткам *Endoblastomyces thermophilus* с оптимумом роста при 42—44°, выделенного из культуры молочнокислых бактерий в Средней Азии.

Ряд исследователей поставили перед собой задачу адаптировать к высокой температуре обычные мезофильные микроорганизмы.

Адаптацией мезофильных дрожжей к высокой температуре занималась Л. Г. Логинова [118]. При адаптации большинство дрожжевых клеток погибало. Многие исследователи отмечают, что приспособившиеся к высокой температуре дрожжи меньше по величине и круглой формы. У них больше угнетается процесс размножения (в 3—4 раза), чем бродильная способность. Замедление размножения дрожжей при высокой температуре объясняется недостатком кислорода в среде. При продувании среды воздухом размножение усиливается.

Адаптированные к высокой температуре дрожжи, внесенные в среду температурой 28—30°, размножаются в 1,5—2 раза быстрее исходных дрожжей (накапливают на 20% больше биомассы) при одинаковом количестве продуктов брожения. Ферменты дыхания более чувствительны к высокой температуре, чем гидролитические ферменты. Наблюдается даже повышение активности фермента мальтазы.

А. А. Имшенецкий [64] отмечает, что приспособление дрожжей к высокой температуре влечет за собой перестройку физико-химических свойств протоплазмы и ферментативной системы клетки микроорганизма.

Ряд авторов отмечают, что амилазы термофилов обладают большой термостабильностью и действуют в большом диапазоне рН.

Адаптированные к высокой температуре дрожжи нуждаются в большом количестве витаминов (дополнительно необходим витамин В<sub>6</sub>).

Термофильные дрожжи быстрее размножаются, скорее выделяют в среду ферменты, но быстрее и стареют.

Т. Н. Евреинова [55] установила, что нуклеопротеиды термофильных бактерий мало отличаются по своему составу аминокислот от нуклеопротеидов мезофильных бактерий.

Все эти показатели сохраняются до тех пор, пока адаптированные дрожжи развиваются на жидких средах. Л. Г. Логинова [118] отмечает, что при повышении температуры (37—39°)

термофильные дрожжи образовывали в ржаных заторах одинаковое количество спирта (и даже в некоторых случаях больше, чем при температуре 28—29°). Но со своей стороны П. М. Плотников сообщает, что дрожжи, хорошо размножавшиеся в ячменном сусле при температуре 35—39°, оказались нежизнеспособными в закваске при той же температуре.

На жизнедеятельность адаптированных дрожжей влияет консистенция среды.

Жидкие закваски значительно гуще, чем сусло, на котором адаптировались дрожжи.

В связи с этим представляют интерес работы С. З. Броцкой [28], которая изучала термофильные протеолитические бактерии. Ею отмечено, что при культивировании термофильных протеолитических бактерий на плотных и вязких средах протеолиз не вызывается, так как в этом случае из клеток протеазы не выделяются. У мезофильных бактерий протеолиз не снижается ни в густых, ни в жидких средах.

С. З. Броцкая установила, что добавление в мясопептонный бульон, на котором культивировались бактерии, 0,5% крахмала, значительно понижает активность протеолиза, а добавление 2% крахмала почти приостанавливает его. Аналогичное явление наблюдалось и при добавлении сахара. Автор доказала, что основным фактором, угнетающим ферментативную активность бактерий в данном случае является увеличение вязкости среды.

Этим можно объяснить и уменьшение кислотности в тесте при добавлении заварок.

В микробиологической лаборатории ВНИИХПа пытались выделить из теста дрожжи, приспособившиеся к повышенной температуре. Эти дрожжи (раса С<sub>21</sub>) хорошо культивировались на сусле при температуре 40°, не изменялись морфологически и не снижали своей бродильной способности, на них не отражалось совместное культивирование их с молочнокислыми бактериями.

Р. С. Баширова [22, 23] выделила активный штамм термофильных молочнокислых бактерий Э—1, применение которых в лабораторных и производственных условиях дало лучшие результаты, чем применение бактерии Дельбрюка.

При изучении термостабильности микроорганизмов учитывают и климатические условия. Так, А. И. Рогачева [205] установила, что споры бактерий (*Vac. tyucoides*) из разных климатических зон выдерживают разное время нагревания при 100° (игарские — 39 мин., московские — 45 мин. и среднеазиатские — 54 мин.).

А. Я. Пумпянский готовил ржаное тесто на откиде и жидких дрожжах, а также на головке. Колебания температуры и влияние ее на показатели теста и хлеба приведены в табл. 68 (средние данные).

Таблица 68

Показатели	Приготовление теста							
	на откиде и жидких дрожжах при температуре в °				на головке при температуре в °			
	24-25	29-30	34-35	39-40	24-25	29-30	34-35	39-40
Тесто								
Кислотность жидких дрожжей в ° . . . . .	7,6	7,5	7,5	7,6	—	—	—	—
Кислотность откида или головки в ° . . . .	12,7	12,7	13,1	13,4	14,5	14,5	14,5	14,5
Начальная температура теста в ° . . . . .	25,1	29,7	34,8	38,5	24,8	29,7	34,9	39,2
Конечная температура теста в ° . . . . .	26,8	31,8	35,7	40,2	27,0	31,5	35,0	40,2
Средняя температура брожения теста в ° .	26,0	30,8	35,2	39,4	25,9	30,6	35,0	39,7
Начальная кислотность теста в ° . . . . .	5,4	5,4	5,5	5,6	5,0	5,0	5,1	5,1
Конечная кислотность теста в ° . . . . .	11,9	11,9	12,2	12,3	10,9	11,1	11,5	12,0
Накопление кислотности за 1 час брожения в ° . . . . .	1,63	2,09	2,75	2,80	1,43	2,20	2,97	4,0
Продолжительность брожения теста в мин. . . . .	240	188	146	145	248	171	133	105
Продолжительность расстойки в мин. . . . .	80	66	50	65	49	48	56	82
Общая продолжительность брожения теста в мин. . . . .	320	254	196	210	297	219	189	187
Консистенция теста в начале брожения в единицах консистометра . . . . .	108	110	112	110	129	136	140	135
Консистенция теста в конце брожения в единицах консистометра . . . . .	126	233	139	145	163	176	191	194
Разжижение теста в %	16	21	23	33	26	29	36	44
Количество летучих кислот в % . . . . .	38,2	36,3	32,7	33,6	30,8	29,5	25,6	24,5
Водорастворимых веществ в % . . . . .	31,6	35,4	28,5	30,6	36,7	29,7	28,1	30,9

Продолжение

Показатели	Приготовление теста							
	на откиде и жидких дрожжах при температуре в °				на головке при температуре в °			
	24-25	29-30	34-35	39-40	24-25	29-30	34-35	39-40
Количество CO <sub>2</sub> , выделяемое тестом во время брожения, в мл . . . . .	—	—	—	—	459	278	156	102
Хлеб								
Влажность мякиша в %	51,3	51,2	51,3	51,2	52,7	52,6	52,2	52,1
Кислотность в ° . . . . .	10,1	10,6	10,9	11,2	9,7	10,3	11,0	11,9
Пористость в % . . . . .	46	48	50	47	48	48	50	48
Объемный выход хлеба из 100 г муки в мл . . . . .	151	156	160	159	165	165	167	164
Водорастворимых веществ в % . . . . .	30,8	30,0	31,6	32,9	30,8	27,6	30,9	33,5

По большинству показателей для брожения теста оптимальной является температура 34—35°.

М. И. Ратнер и З. Ф. Фалунина [201] наблюдали рост титруемой кислотности в зависимости от температуры и времени брожения. Опыты проводили с заваркой, заквашенной мочкой из ржаного хлеба (табл. 69).

Таблица 69

Продолжительность брожения в час.	Температура брожения в °	Титруемая кислотность в °
6	30	4,4
	37-39	5,2
	45-47	5,8
7	30	5,3
	39	5,6
	45-47	6,4
10	30	5,6
	39	6,0
	45-47	8,2

Г. М. Смирнова считает, что при 35° количество летучих кислот в закваске снижается примерно в 3 раза по сравнению с производственной закваской.

Те же результаты получил Дреус [278], проводивший опыты с темной и светлой ржаной мукой (табл. 70).

Таблица 70

Мука	Содержание кислот при температуре закваски					
	28—32°			20—23°		
	общая кислотность в °	молочная кислота в %	уксусная кислота в %	общая кислотность в °	молочная кислота в %	уксусная кислота в %
Светлая						
густое тесто	5,1	80,8	19,2	5,9	62,0	38,0
слабое тесто	7,5	85,1	14,9	6,3	60,8	39,2
Темная						
густое тесто	7,0	79,4	20,6	7,8	63,6	36,4
слабое тесто	7,2	80,3	19,7	8,2	60,3	39,7

Нейман [152] приводит следующие данные о зависимости кислотности закваски от температуры:

Температура закваски в °С . . .	20	23	28
Кислотность закваски в °Н . . .	6,7	7,5	9,3

М. И. Княгиничев и др., исследовавшие брожение теста на газообразующих бактериях без дрожжей при температуре 37—38 и 39—40°, считают оптимальными температуру брожения теста 37—38°, кислотность — 9—10° (при 25% закваски). Оптимальная температура процесса расстойки (в расстойной камере) 40—45° с достаточным количеством пара.

Виссинг [328] рекомендует при работе на муке типа 997 держать температуру закваски (Vorsauer) 31°, теста — 29°, при работе на муке типа 1790 соответственно 30—31 и 29°.

Шульц [308] считает, что в закваске кислотность более 15—16° ослабляет деятельность дрожжей.

Основными показателями качества ржаной закваски являются ее кислотность и подъемная сила. П. М. Плотников [168] приводит график влияния различной температуры брожения на оптимальную кислотность и подъемную силу ржаной закваски (рис. 8).

Для питания человека имеет большое значение не только общая кислотность хлеба, но и отношение между летучими и нелетучими кислотами, а также состав кислот.

М. И. Княгиничев, П. М. Плотников и др. [74] в тесте (влажностью 54%), приготовленном на закваске (25% закваски

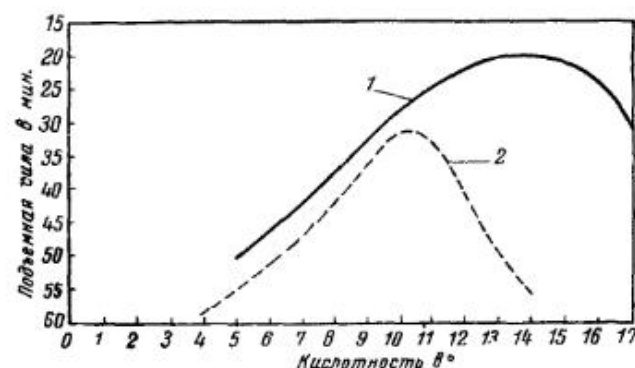


Рис. 8. Влияние различной температуры брожения на оптимальную кислотность и подъемную силу ржаной закваски:

1—температура закваски 26—27°; 2—температура закваски 34—35°.

влажностью 50%), определили следующее содержание кислот при температуре 28—30° и 34—36° (табл. 71).

Таблица 71

Наименование кислот	Содержание кислот в мг на 100 г продукта в зависимости от температуры и времени брожения			
	28—30°, 1 час 55 мин.		34—36°, 1 час 30 мин.	
	пределы колебаний	среднее	пределы колебаний	среднее
<b>Молочная кислота</b>				
в начале брожения теста . . .	324,0—381,6	352,0	324,0—381,6	352,8
в конце брожения теста . . .	446,4—489,6	475,0	561,6—640,8	598,5
нарастание за 1 час брожения	—	64,2	—	163,8
в мякише хлеба . . . . .	459,0—576,0	562,5	592,0—594,0	593,0
<b>Янтарная и яблочная кислоты</b>				
в начале брожения теста . . .	19,8—29,8	26,5	19,8—29,8	26,5
в конце брожения теста . . .	19,8—53,2	36,6	37,1—42,2	38,8
нарастание за 1 час брожения	—	5,3	—	8,2
в мякише хлеба . . . . .	37,2	37,2	27,5—27,8	27,7
<b>Винная и лимонная кислоты</b>				
в начале брожения . . . . .	42,2—60,7	52,5	42,2—60,7	52,5
в конце брожения . . . . .	21,1—27,6	24,8	31,7—41,4	36,6
в мякише хлеба . . . . .	27,6	27,6	27,6	27,6

При температуре теста 34—36° при брожении быстро нарастает содержание молочной, янтарной и яблочной кислот. Количество винной и лимонной кислот в конце брожения уменьшается.

Температура брожения ржаной закваски влияет на содержание сахаров и белков в ней. П. М. Плотников [168] приводит средние данные 8 опытов (табл. 72) по изменению этих веществ во время брожения (продолжительность брожения при 26—27°—4,5 час., при 33—35°—2 часа).

Таблица 72

Показатели	Изменение сахаров и белков в % на с. в. в зависимости от температуры брожения			
	26—27°		33—35°	
	пределы колебаний	среднее	пределы колебаний	среднее
Влажность:				
в начале брожения . . . .	49,8—50,6	50,1	49,8—50,8	50,5
в конце брожения . . . .	49,6—50,4	49,9	49,4—50,6	50,2
Редуцирующие сахара (на мальтозу):				
в начале брожения . . . .	1,46—1,97	1,85	2,47—3,18	2,75
в конце брожения . . . .	1,38—1,76	1,57	3,21—3,83	3,50
Сахара после гидролиза:				
в начале брожения . . . .	4,90—5,58	5,30	5,24—6,22	5,81
в конце брожения . . . .	6,12—7,40	6,91	4,57—5,24	4,92
Общее количество сахара:				
в начале брожения . . . .	6,36—7,55	7,15	7,71—9,40	8,56
в конце брожения . . . .	7,50—9,15	8,48	7,78—9,07	8,42
Азот водорастворимый:				
в начале брожения . . . .	0,76—0,88	0,82	0,67—0,81	0,77
в конце брожения . . . .	1,18—1,33	1,25	0,97—1,12	1,06
Азот аминный:				
в начале брожения . . . .	0,112—0,134	0,129	0,124—0,135	0,132
в конце брожения . . . .	0,134—0,146	0,144	0,146—0,148	0,147

Повышенная температура брожения активизирует амилотические ферменты, вследствие чего образуется больше редуцирующих сахаров. Начальный распад крахмала (образование декстринов) активнее проходит при температуре 26—27°. Поэтому

му общее количество сахаров к концу брожения в том и другом случае было одинаковым.

Древс [279] изучал влияние температуры и консистенции закваски на содержание в ржаном хлебе восстанавливающих сахаров (мальтозы) и пришел к выводу, что при более низкой температуре и при более жидкой консистенции закваски увеличивается количество уксусной кислоты.

В работе Древса дана прямая зависимость между увеличением процента уксусной кислоты и ростом содержания мальтозы независимо от того, приготовлен ли хлеб на закваске или на дрожжах. Он объясняет это тем, что молочнокислые бактерии используют сахара, а при подавлении роста этих бактерий уксусной кислотой сахара остаются в хлебе.

При более низкой температуре брожения возрастают потери с. в. за счет увеличения продолжительности брожения. Это видно из работы М. И. Княгиничева и др. [73] (табл. 73).

Таблица 73

Потери	Потери при брожении в % при температуре брожения теста	
	28—30°	34—36°
При брожении закваски . . . . .	0,250	0,250
При брожении теста . . . . .	0,486	0,380
При расстойке теста . . . . .	0,194	0,150
Сумма потерь по углекислоте . .	0,930	0,780
Потери спирта (40% от всего количества образовавшегося спирта при выпечке) . . . . .	0,388	0,326
Общие потери . . . . .	1,318	1,106
Общие потери за вычетом потерь при брожении закваски . . . . .	1,068	0,856

Потери с. в. в тесте и хлебе при температуре 28—30° увеличиваются на 25% по сравнению с потерями при температуре 34—36°.

Т. Б. Лапшина [115] при работе с пшеничным хлебом (багоны) пришла к таким же результатам. Наименьшие потери с. в. были при температуре брожения 31—32°, при температуре 28—29° и 34—35° эти потери увеличивались. Кроме того, при температуре 31—32° было самое короткое время брожения. Т. Б. Лапшина рекомендует оптимальную температуру брожения для опары 31—32°, а для теста — 28—29°.

Штефан [318, 321] проводил опыты с пшеничным тестом, температура брожения пшеничного теста была 30, 25 и 20° (табл. 74).

Таблица 74

Показатели	Температура брожения теста в °		
	30	25	20
Выход теста в % . . . . .	161,6	165,4	167,2
Время расстойки в мин. . . . .	60	54	50
Весовой выход хлеба в % . . . . .	131,6	137,2	140
Объемный выход хлеба в г . . . . .	530	478	424
Пористость в баллах . . . . .	7—8	6—7	6
Вкус . . . . .	Мало-ароматный	Ароматный	Ароматный

Разная температура теста отражается на упруго вязких его свойствах. Но Б. А. Николаев в своей работе отмечает, что пшеничное тесто температурой 30, 33 и 35° после замешивания почти не отличалось по своим упруго-вязким свойствам; лишь при 36° тесто имело повышенную начальную и максимальную величину деформации.

А. Шулеруд [314] отмечает, что с увеличением температуры уменьшается упругость и в основном вязкость теста.

#### СПОСОБЫ ОБРАЗОВАНИЯ МИКРОФЛОРЫ ТЕСТА

Продолжительное время можно готовить тесто на откиде (часть густого или жидкого теста) от предыдущей фазы. При таком приготовлении теста в нем устанавливается определенная микрофлора, состав которой зависит от следующих факторов: 1) микрофлоры муки и отчасти микрофлоры подобного сырья и воздуха; 2) вносимых в закваску чистых (более или менее чистых) дрожжей и молочнокислых бактерий определенных рас и штаммов; 3) условий технологического процесса (консистенции теста, температуры, качества муки и другого сырья).

Влияние на образование микрофлоры бродящего теста, микрофлоры муки и воздуха и условий технологического процесса было рассмотрено выше. Остановимся на способах ведения теста, связанных с внесением чистых культур микроорганизмов.

Вносить большие количества чистой культуры в производственные закваски трудно и часто невыгодно. Кроме того, стерильное сырье совершенно не та среда, которая имеется в нормальном тесте, поэтому и микроорганизмы, попадая в тесто, должны приспособляться к новым условиям.

Для возбуждения брожения чаще всего применяют прессованные дрожжи. В настоящее время разводочный цикл возобновления закваски начинается с приготовления ржаного теста на прессованных дрожжах, молочнокислые бактерии при этом накапливаются спонтанно в основном за счет микрофлоры муки.

Жидкие закваски, приготовленные без внесения дрожжей при разводочном цикле, только после 10—15 освежений имеют нормальную подъемную силу (в 30—40 мин.), в то время, как закваски с дрожжами уже с первого освежения имеют необходимую подъемную силу.

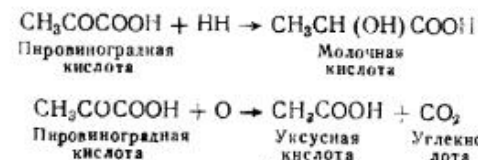
Разное мнение высказывают исследователи о роли дрожжей и молочнокислых бактерий в ржаном кислом тесте.

Прежде всего во всех заквасках, полученных спонтанным брожением, присутствуют дрожжи.

П. М. Плотников и др. [169] утверждают, что даже при дополнительном внесении в жидкую закваску дрожжей, они в ней почти не сохраняются. Это происходит как при добавлении дрожжей в разводочный цикл, так и при добавлении их в производственную головку.

Несмотря на это, авторы все-таки рекомендуют при приготовлении заквасок в первую фазу разводочного цикла добавлять дрожжи.

Как уже отмечалось, в густых заквасках дрожжей нет. Авторы считают, что в густых заквасках тесто разрыхляется за счет углекислоты, образуемой гетероферментативными (*Betabacterium* γ) молочнокислыми бактериями, путем декарбоксилирования пировиноградной кислоты. Они предполагают, что одна молекула пировиноградной кислоты окисляется кислородом воды, в результате чего получается уксусная кислота и углекислота, другая же молекула пировиноградной кислоты за счет двух атомов водорода воды восстанавливается до молочной кислоты.



Подсчитав по формулам количество образующихся веществ, можно установить, что на 1 часть углекислоты приходится 1,37 части уксусной кислоты (летучих кислот) и 2,05 части молочной кислоты. Опытные данные подтвердили теоретические расчеты.

Э. С. Канель указывает, что из вышеприведенных расчетов на 1 г уксусной кислоты приходится 0,37 мл углекислоты. Следовательно, при разрыхлении теста только молочнокислыми бактериями накапливается много уксусной кислоты, углекислота же является побочным продуктом реакции.



В противоположность Плотникову и др., считающим, что в густой закваске дрожжей нет, Ратнер и Канель утверждают «подъемная сила заквасок густой консистенции лучше, чем у заквасок жидкой консистенции, что связано с большим количеством дрожжевых клеток в густых заквасках».

И. Я. Скалон считает, что *Betabacterium* как разрыхлители теста не могут заменить дрожжи. Он отмечает более широкое распространение *Streptobacterium plantarum* по сравнению с *Betabacterium* на частях злаковых растений (в том числе на корнях) и в спонтанно бродящих заквасках. Первые бактерии быстрее размножаются и приспособляются к новой среде, чем вторые.

*Streptobacterium plantarum* менее требовательны в питании, устойчивы к температуре. Поэтому в заквасках, приготовленных на смешанных культурах, через некоторое время наблюдается преобладание *Streptobacterium plantarum* и исчезновение *Betabacterium*.

Иногда наблюдается отсутствие дрожжей в тесте. М. И. Ратнер объясняет адсорбцией их коллоидами теста.

Результаты опытов и теоретические выводы доказывают несомнительность утверждений некоторых советских и зарубежных исследователей (Селибер, Плотников, Беккард и др.) о возможности разрыхления ржаного теста с помощью только газообразующих молочнокислых бактерий.

Еще не решен вопрос о том, какие чистые молочнокислые бактерии следует вводить в ржаное тесто. Большинство исследователей отмечают, что какие бы не вводились чистые культуры бактерий, через несколько освежений в тесте доминировала спонтанная микрофлора.

Э. С. Канель вводила в закваску бактерии квасной расы XIII; с 33—35 освежения подъемная сила закваски резко снижалась, увеличивалось время расстойки теста, появлялись крупные формы бактерий. Для сохранения в тесте расы вводимых бактерий рекомендуется вносить их в большом количестве, чтобы они доминировали, но это усложняет производство и лишь несколько удлиняет срок вытеснения чистых культур спонтанной микрофлорой.

М. И. Ратнер [198] наблюдала периодическое прекращение кислотонакопления в заквасках, в результате чего в течение некоторого времени кислотность их оставалась стабильной, а затем снова повышалась.

А. Л. Ермсалимский [56] изучал периодичность размножения и газообразования дрожжей в жидкой культуре. Он установил периодичность размножения клеток. Соответственно периодам размножения клеток изменяется и степень газообразования в тесте.

Результаты наблюдений над периодичностью развития и жизнедеятельностью микроорганизмов теста, в особенности в жид-

кой фазе, следует учитывать при изучении биохимии теста. Некоторые наблюдаемые в тесте отклонения (кислотности, количества спирта, CO<sub>2</sub>) могут быть объяснены периодичностью размножения дрожжей.

В практике хлебопечения применяют чистые культуры различных штаммов молочнокислых бактерий.

На хлебопекарных предприятиях для приготовления ржаной закваски в первую фазу (разводочный цикл) обычно добавляют прессованные дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, в Ленинграде и в некоторых других городах ржаную закваску готовят на чистой культуре дрожжей *Saccharomyces pinog*. В некоторых районах СССР используют чистые культуры, выделенные из местных заквасок.

В практике хлебопечения готовят ржаное тесто или закваски с добавлением жидких дрожжей, которые содержат, кроме дрожжевых клеток, также молочнокислые бактерии и продукты брожения. Следовательно, они отличаются от обычных заквасок лишь по количественному составу микрофлоры и по продуктам брожения и кислотности.

Жидкие дрожжи различаются по своему составу и свойствам. Г. М. Смирнова сравнивала четыре образца жидких дрожжей (табл. 75).

Таблица 75

Показатели	Образцы			
	1	2	3	4
Кислотность в ° . . . . .	7,8	7,9	8,0	8,2
Число дрожжевых клеток в мл/г	43	45	55	60
Подъемная сила („по шарик“) в мин. . . . .	31	27	23	22

Дрожжи с большим количеством дрожжевых клеток и с большей кислотностью обладают лучшей подъемной силой.

М. И. Ратнер [197] приводит данные зависимости количества молочнокислых бактерий и кислотности от продолжительности брожения теста.

Показатели	Продолжительность брожения в час.			
	0	2	4	6
Кислотность в ° . . . . .	3,0	5,8	13,0	14,0
Количество бактерий в 1 г теста в мл. . . . .	100	200	420	480

Жидкие дрожжи применяют вместе с обычными или специальными молочнокислыми заквасками.

А. Я. Пумпянский в своих опытах приготавливал хлеб с разным количеством жидких дрожжей (кислотностью около 6°) и молочнокислой закваски (кислотность 21°). Данные опытов приведены в табл. 76.

Таблица 76

Показатели	Жидкие дрожжи в % к весу муки		
	30	40	50
Количество закваски в % к муке	84	79	75
Начальная кислотность теста в °	9,0	9,2	8,8
Начальная температура теста в °	33	34	34
Продолжительность брожения в мин.	50	60	55
Конечная кислотность теста в °	10,6	10,8	10,6
Продолжительность расстойки в мин.	110	100	95
Продолжительность брожения и расстойки	160	160	150
Пористость хлеба в %	47	46	50
Влажность мякиша в %	52,5	52,7	52,7
Кислотность хлеба в °	9,4	9,2	9,4
Органолептическая оценка хлеба	Хороший	Хороший	Хороший

Как видно из таблицы, количество жидких дрожжей мало влияет на качество хлеба; при сокращении общего времени брожения отмечается небольшое увеличение пористости при добавлении 50% жидких дрожжей.

#### МЕХАНИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ТЕСТО

Тесто при замесе и обминке подвергается механическому воздействию, которое отражается, с одной стороны, на микрофлоре теста, с другой — на структурно-пластических свойствах его.

При перемешивании теста из него удаляется углекислота, перераспределяются в тесте микроорганизмы и питательная среда для них, тесто обогащается кислородом.

Еще в 1939 г. М. Н. Мейсель [140] отметил разницу в строении «дышащих» дрожжевых клеток. Под влиянием кислорода воздуха перестраиваются в клетках ядра, вакуоли и, вероятно, цитоплазма. В дальнейшем о значении «бродящей» и «дышащей» форм дрожжей указывали А. И. Островский, Л. Я. Ауэрман, А. Г. Гинзбург и др.

Некоторые исследователи считают, что аэрация дрожжей до пуска их в бродильный чан увеличивает их бродильную способ-

ность и количество выделяющегося спирта. В определенных условиях в дрожжевой клетке происходят два сопряженных энергетических процесса — дыхание и брожение. По наблюдениям автора все микроорганизмы нуждаются в кислороде, только одни в большей, а другие в меньшей степени. Кислород, потребляемый неразмножающимися клетками, служит источником энергии для начала обмена и размножения. Эту энергию Г. М. Френкель называет «пусковой» и предполагает, что дыхательный процесс обеспечивает этим дрожжам «пусковую» энергию для протекания процессов размножения, брожения и др.

Прямые опыты по замесу теста в атмосфере кислорода, воздуха и азота подтверждают положительное влияние кислорода на физические свойства теста.

Смит и Андрыус [315] изучали условия, влияющие на степень поглощения кислорода при замесе теста. Они установили, что количество поглощаемого кислорода с увеличением выхода муки увеличивается, при обезжиривании муки — снижается. С увеличением количества свободных жирных кислот при хранении муки поглощение кислорода увеличивается.

М. Н. Мейсель и Г. А. Медведева [141] указывают на выделение микроорганизмами и высшими растениями витаминов и их составных частей в воздушную среду, в частности при хлебопечении, сушке и хранении дрожжей. Установлена летучесть триазолового и пирамидинового компонентов витамина В<sub>1</sub>, парааминобензойной и никотиновой кислот.

Хавторн и Тодд отмечают влияние времени замеса теста на быстроходных тестомесилках на степень отбеливания муки. Мука отбеливается под действием оксидаз, ненасыщенных жиров (липоксидаз) при наличии кислорода. Ниже приводятся данные о влиянии времени замеса и количества липоксидазы на степень отбеливания муки.

Мука	Степень отбеливания муки (по цветомуру) при замесе в течение	
	2 мин.	8 мин.
Без добавления липоксидазы	14	31
С добавлением липоксидазы	45	52

Смит и Андрыус [315] считают дискуссионным вопрос о влиянии липоксидазы на физические свойства теста.

Механическая обработка теста отражается на структуре теста, его упруго-эластичных и пластично-вязких свойствах.

Б. А. Николаев делит на четыре фазы изменения, происходящие в тесте при механической его обработке.

1. Упрочнение структуры, происходящее за счет большего уплотнения молекул и за счет «распрямления» глобул макромолекулы белка.

2. Разрушение структуры до определенного предела в результате увеличения механических усилий. Происходит разрыв межмолекулярных связей, а также вторичных и основных валентностей макромолекул белка, при этом нарушаются гидратные оболочки и развиваются поверхности частиц.

3. Восстановление или создание новой структуры (тиксотропия). Через некоторое время после разрушения структуры, тесто снова уплотняется, образуется новая «вторичная» уплотненная структура. При разрушении у части молекул число полярных точек увеличивается. После механического воздействия наступает уплотнение теста, иногда даже получается новая структура, более прочная, чем первоначальная; это происходит за счет того, что отдельные молекулы белка, а также крахмал контактируют и «обрастают» гидратной оболочкой.

4. Расслабление теста при выдержке наступает в результате биохимических и коллоидных процессов в нем.

А. Г. Кузьман [111] считает тесто тиксотропной системой; подвижное равновесие геля  $\rightleftharpoons$  золь при всяком механическом воздействии смещается вправо, а при прекращении механической обработки — влево. Механическая обработка ослабляет мицеллярную структуру теста, а затем происходит восстановление ее в результате тиксотропии теста.

Б. А. Николаев и Л. С. Беганюкая в своих опытах растирали в ступке крахмал (пасту), в результате чего частицы крахмала измельчались и уплотнялись. При этом резко повышалась вязкость крахмальной пасты.

Растирание в ступке теста из муки со слабой клейковиной значительно понижало вязкость и незначительно отражалось на модуле сдвига.

В опытах с ржаной мукой наблюдалось упрочнение теста при замесе. Так, в опыте с небродящим тестом влажностью 54% из муки, смолотой из проросшего зерна ржи, упрочнение теста после замеса повысилось на 30%.

Имеется указание, что хлеб, выпеченный из ржаного теста, прошедшего через делитель ХДЕ без шнековой обработки, лучше по качеству хлеба из ржаного теста, обработанного в шнековом делителе.

Доозе [276] считает, что тесто из ржаной муки следует замешивать быстро. При содержании в смеси 40% пшеничной муки быстрый замес теста способствует получению большего объема хлеба и улучшению его пористости.

#### КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. Основными факторами, от которых зависят отдельные процессы приготовления ржаного теста, являются: фазность, консистенция, температура, рецептура, способы образования микрофлоры теста и механическое воздействие на тесто.

2. Имеется определенная зависимость между объемом в тесте предыдущей фазы (закваски от 5 до 20%) и временем брожения теста.

3. Основным критерием для решения вопроса о количестве предыдущей фазы (с учетом времени брожения, температуры, консистенции теста и других факторов) является получение в тесте в конце брожения оптимальной кислотности и подъемной силы. Исходную закваску рекомендуется брать кислотностью 9—10° в количестве 25%.

4. Накопление общей кислотности и относительного количества летучих кислот идет интенсивней в густом тесте, чем в жидком.

5. С повышением температуры ржаного теста увеличивается общая титруемая кислотность, количество водорастворимых веществ в хлебе, количество редуцирующих сахаров, уменьшается процент летучих кислот, потери с. в., упругость и вязкость теста, сокращается продолжительность брожения и уменьшается количество CO<sub>2</sub>, задерживается начальный распад крахмала, общее количество сахаров не изменяется. Консистенция теста разжижается.

Состав микрофлоры закваски и теста зависит от следующих факторов:

а) микрофлоры муки и подобного сырья, а также воздуха;  
б) вносимых в закваску дрожжей и молочнокислых бактерий;

в) условий технологического процесса — консистенции, температуры, качества муки и другого сырья.

6. В настоящее время надо считать вполне доказанным, что для нормального разрыхления теста недостаточно наличие только молочнокислых бактерий, необходимо присутствие и дрожжей.

7. Поваренная соль, добавляемая в тесто, безусловно, влияет на микроорганизмы брожения. Изменения, происходящие в ржаном кислом тесте при добавлении поваренной соли, нуждаются в дальнейшем изучении.

8. Механическое воздействие на тесто отражается, с одной стороны, на микрофлоре теста, с другой стороны, на структурно-пластических свойствах его.

Механическая обработка теста в некоторой степени может заменить ферментативные гидролитические процессы.

ГЛАВА VI  
ВЫПЕЧКА

При выпечке тесто подвергается термической обработке, при этом происходят не только теплофизические процессы, связанные с прогревом куска теста-хлеба, но и другие биохимические и физико-химические изменения.

## ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Теплофизические процессы, происходящие при выпечке хлеба, довольно хорошо изучены. Математический анализ этих процессов дан в работах А. В. Лыкова [123], Л. Я. Ауэрмана [15], А. С. Гинзбурга [35—37], Н. И. Краснопевцева [87], Н. В. Беликова [24], А. А. Михелева [144—146].

Процессы, происходящие в ржаном тесте-хлебе при выпечке, подчиняясь общей закономерности, все же несколько отличаются от процессов, происходящих при выпечке пшеничного хлеба. Эта разница зависит в первую очередь от большой кислотности ржаного теста, от специфических особенностей крахмала, белков и ферментативного комплекса. В настоящее время имеется очень мало работ, посвященных изучению процесса выпечки ржаного хлеба.

Пшеница и рожь имеют разные термические константы. Термические константы различных сортов муки приведены в табл. 77 (Г. И. Красовская [88]).

Таблица 77

Продукт	Влажность в %	Насыпной вес в кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности в ккал/м час град	Удельная теплоемкость в ккал/кг град
Мука 72%-ная	12,0	400	0,10—0,15	0,29—0,30
„ 35%-ная	15,6	430	0,10—0,13	0,30
„ 96%-ная	12,5	500	0,10—0,12	0,28—0,29
Отруби . . . . .	9,5	220	0,08	0,33
Пшеница (зерно)	16,2	750	0,15	0,30
Рожь (зерно) . .	11,7	709	0,17	0,35

Автор	Год издания работы	Максимальная температура в °		Сорт хлеба
		мякиша	корки	
В. Микини	1912	103	210	—
Л. Я. Ауэрман	1928	100	—	Городские булки развесом 0,2 кг
Л. Я. Ауэрман	—	—	140—175	Украинский хлеб развесом 1,8 кг
Г. Д. Кнутов	1932	95,5—99	—	Разные сорта
И. И. Маклюков	1933	96	168	Ржаной формовой
Н. Н. Журавлев	1934	98—99	—	Формовой развесом 0,4 кг
Ф. Г. Шумаев	1935	98,5	—	Ржаной развесом 1 кг (выпечка электроконтактным способом)
Т. Шайклас	1935	98—99,5	—	Пшеничные батоны и круглые булки развесом 0,1—0,4 кг
А. С. Гинзбург, Н. А. Голубев	1936	98	—	Городские булки развесом 0,4 кг
А. С. Гинзбург, А. С. Метер	1940	96	185	Пшеничный подовый развесом 0,3 кг
А. А. Михелев	1943	97	182	Ржаной формовой
Н. В. Беликов	1944	98	150—204	Ржаной формовой
А. С. Гинзбург, А. В. Лыков, Л. Я. Ауэрман	1944	100	186—423	Пшеничный подовый развесом 0,1 кг (выпечка при высокой температуре пекарной камеры)
А. С. Гинзбург	1947	85—93	128—188	Пшеничный формовой развесом 0,3 кг
А. В. Лыков	1948	95	—	Городские булки развесом 0,2 кг
Л. Я. Ауэрман, А. З. Лылова	1948	101—105	—	Сдоба любительская
Л. А. Буров, А. С. Гинзбург	1949	91—97	150—168	Рижский развесом 0,4 кг (без обжарки)
Л. Я. Ауэрман, А. З. Лылова	1949	93—99	152—170	Рижский развесом 0,8 кг (с обжаркой)
Т. И. Шкваркина	1950	94—96	—	Ржаной
Н. И. Гогоберидзе	1950	95—97	—	Пшеничный
С. Я. Куликов, А. С. Гинзбург	1950	106	—	Бублики развесом 0,022 кг
А. В. Лыков, Л. Я. Ауэрман, А. З. Лылова	1951	112	—	Сушки развесом 0,0085 кг

По коэффициентам теплопроводности заметно выделяются отруби.

Выпечка хлеба включает два момента: прогрев центра карава до определенной температуры и получение интенсивно окрашенной корочки хлеба.

Изучением конечной температуры в центре карава занимались многие авторы, но результаты их исследований расходятся, что видно из табл. 78, составленной А. С. Гинзбургом [37].

Считают, что температура в центре мякиша ржаного хлеба должна быть ниже, чем у пшеничного. Автором данной книги [245] указывалось, что для получения хорошо пропеченного ржаного хлеба необходимо прогреть его до температуры в центре мякиша 94°, а пшеничный хлеб до 95°.

А. А. Михелев [145] выпекал в печи ХВЛ ржаной хлеб развесом 1,5 кг; по термографу температура к концу выпечки в центре мякиша достигала 96—97° и в течение последних минут выпечки не повышалась.

На конечную температуру центра мякиша в первую очередь влияет развес хлеба (обычно ржаной хлеб выпекают большего развеса). Чем крупнее хлеб, тем ниже будет температура в его центре в конце выпечки. Крупный хлеб выпекают дольше при значительном снижении температуры к концу выпечки.

По работам ВНИИХПа [108, 111, 113] температура в центре хлеба, вынутого из печи в течение первых 5—10 мин. после окончания выпечки, увеличивается на величину до 14° (табл. 79).

Таблица 79

Конечная температура в ° в центре хлеба при выпечке	Максимальная температура в ° в центре хлеба при 5—10 минутной выдержке после выпечки	Увеличение в °	Конечная температура в ° в центре хлеба при выпечке	Максимальная температура в ° в центре хлеба при 5—10 минутной выдержке после выпечки	Увеличение в °
Ржаной хлеб			Пшеничный хлеб		
98	98	0	98	98	0
96	96	0	96	96	0
94	95	1	94	95	1
92	94	2	92	94	2
90	92	2	90	94	4
85	89	4	85	93	8
80	86	6	80	92	12
70	—	—	70	84	14

Увеличение температуры в центре мякиша при выдержке хлеба происходит за счет высокой температуры наружных слоев.

Ниже приводится температура пекарных камер отдельных марок печей при выпечке одних и тех же сортов хлеба (табл. 80, данные ВНИИХПа).

Таблица 80

Сорт хлеба	Температура пекарной камеры печей различных марок								
	ХПК		ФТЛ-7		ФТЛ-2	ХПЛ	Газона Ден-Бура	АЦХ	ХПР
	в первой зоне выпечки	в конечной зоне выпечки	У устья печи	в середине пекарной камеры					
Батоны развесом 0,5 кг из пшеничной муки I сорта . . . . .	235	222	210	290	—	241	—	—	—
	229	224							
Городские булки развесом 0,2 кг из пшеничной муки I сорта	—	—	226	298	230 235	—	—	—	—
Ржаной формовой развесом 1,6 кг из муки 95% выхода . . . . .	—	—	290	—	—	252	182	270	296
Ржано-пшеничный украинский подовый развесом 1,87 кг . . . . .	—	—	—	—	—	236	—	—	293

Температура пекарной камеры меняется по зонам печи; так, например, в печи Маммут в первой зоне температура равна 260°, во второй — 240, в третьей — 230 и в четвертой — 220°.

В табл. 81 приведены рекомендуемые продолжительность и температура выпечки ржаных сортов хлеба.

Таблица 81

Сорт хлеба	Развес в кг	Продолжительность выпечки в мин.	Температура выпечки в °
Ржаной хлеб:			
из обойной муки . . . . .	1,5—3,0	55—80*	—
заварной формовой из обойной муки . . . . .			280—300
заварной подовый . . . . .	1,5	55—60	240—250
из обдирной муки . . . . .	1,5	50—70	250—260
бородинский формовой . . . . .	1,5	65—70	280—300
бородинский подовый . . . . .	0,5	30—35	240—250
московский штучный формовой . . . . .	0,5	50—55	250—260
любительский (из обойной муки) формовой . . . . .	2,0	12—15 час.	100—110

\* В зависимости от развеса, температуры пекарной камеры и марки печи.



Температура в центре ржаного хлеба через 35 мин. от начала выпечки была ниже соответствующей температуры пшеничного хлеба на 15°. К концу выпечки эта разница составляла 11—12°.

На пропрев формового хлеба влияет увлажнение пекарной камеры. А. А. Михелев [144] приводит график изменения температуры поверхности формового хлеба и его мякиса с увлажнением и без увлажнения в начальной фазе процесса выпечки (рис. 11).

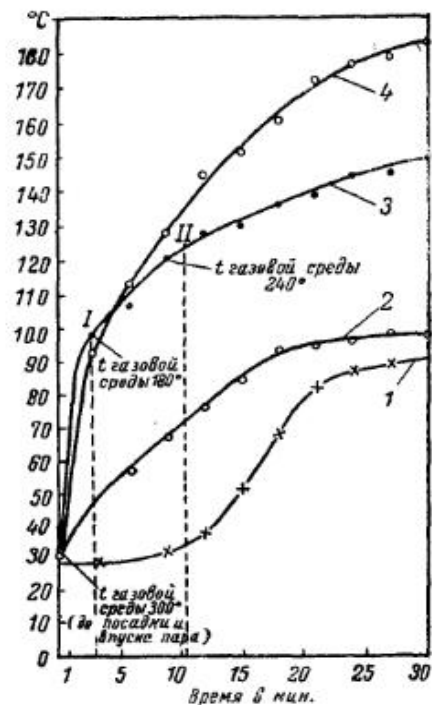


Рис. 11. Температурные кривые при выпечке хлеба в среде без увлажнения и с увлажнением:

1—кривая температуры мякиса (на глубину 6,5 см от поверхности) без увлажнения камеры; 2—кривая температуры мякиса (на глубину 4,8 см от поверхности) с увлажнением; 3—кривая температуры поверхности хлеба с увлажнением; 4—кривая температуры поверхности хлеба без увлажнения.

тельной влажности среды в первой зоне пекарной камеры 80—85%.

При выпечке электроконтактным способом тесто-хлеб прогревается более интенсивно, при этом ржаной хлеб пропекается быстрее, чем пшеничный, благодаря большей электропроводности. Кривая силы тока у ржаного хлеба значительно выше, чем у пшеничного, и более крутая. А. Г. Кульман приводит следующий график (рис. 12).

На характер кривой изменения температуры влияет и разрыхленность теста.

Наличие пара в пекарной камере ускоряет прогревание теста-хлеба. При выпечке ржаного хлеба пекарную камеру не увлажняют, но это не означает, что в печи отсутствует пар. Он выделяется в большом количестве из теста-хлеба при выпечке, и этот пар имеет большое значение.

Н. Е. Морев [148] доказал необходимость интенси́вного увлажнения пекарной камеры в первые 2—2,5 мин. после посадки теста в печь, при снижении температуры в зоне увлажнения до 140—120° с подачей от 200 до 275 кг пара на 1 т хлеба в час, что обеспечивает получение относи-

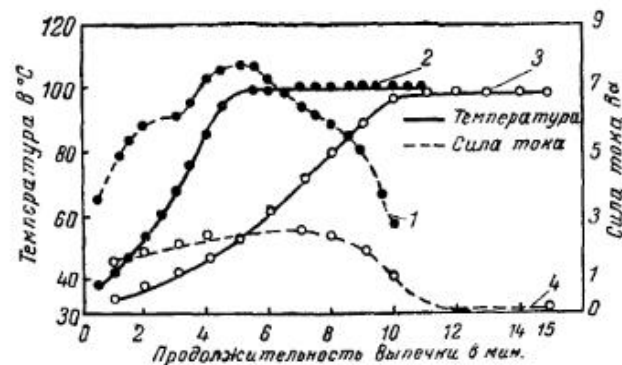


Рис. 12. Изменение температуры теста-хлеба и силы тока в процессе выпечки хлеба: 1, 2—ржаного хлеба; 3, 4—пшеничного хлеба.

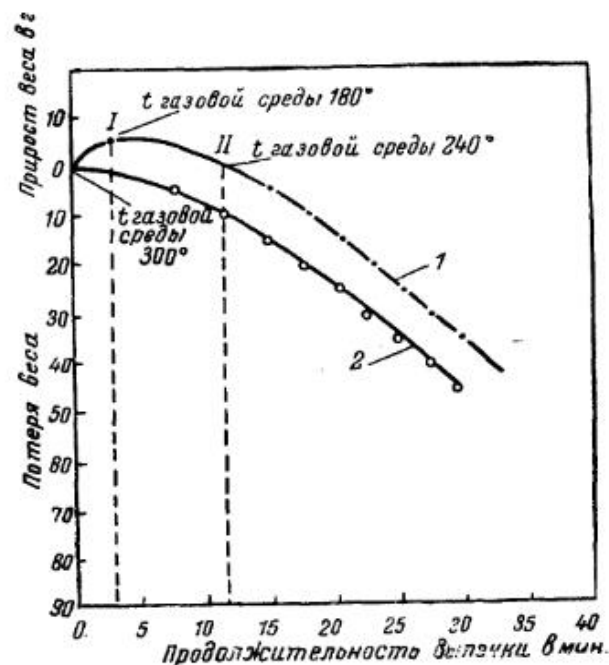


Рис. 13. Изменение веса теста-хлеба в среде с увлажнением и без увлажнения в начальной фазе процесса выпечки: 1—с увлажнением; 2—без увлажнения.

**Упек.** Как известно, вес теста-хлеба при выпечке и дальнейшем остывании увеличивается или уменьшается. При этом влажность корки и мякиша колеблется в зависимости от степени увлажнения пекарной камеры. Изменение веса теста-хлеба в начале выпечки с увлажнением и без увлажнения показано А. А. Михелевым [144] на рис. 13.

Благодаря сорбции тестом-хлебом паров воды из паро-воздушной среды пекарной камеры (до момента достижения поверхностью теста температуры точки росы) вес хлеба в начале выпечки увеличивается максимально на 1,3% от начального веса

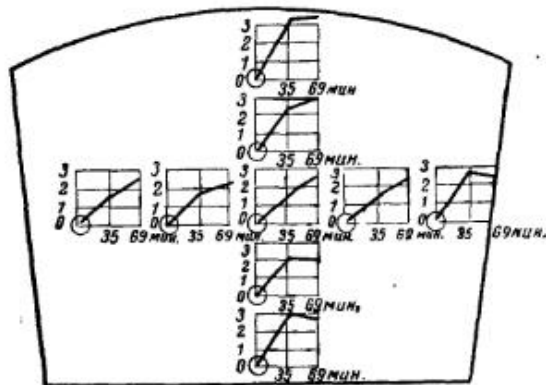


Рис. 14. Поле влажности ржаного хлеба (0, 1, 2, 3 на графиках — увеличение влажности в %).

теста. А. С. Гинзбург [36] считает, что для образования глянце-витой поверхности пшеничных изделий требуется конденсация на их поверхности около 2,5% пара (от веса изделий).

К концу выпечки влажность мякиша повышается на 1,5—2,5%.

В горячем ржаном формовом хлебе влажность в разных местах мякиша против первоначальной влажности теста 52,7% повышалась от 1 до 2,3% [37]. При выпечке ржаного формового хлеба развесом 2 кг в течение 65 мин. влажность мякиша увеличивалась на 3,6%.

Динамика изменения влажности в разных слоях мякиша через 35 и 69 мин. после начала выпечки изображена на рис. 14 (влажность ржаного формового теста-хлеба перед выпечкой была 51,1%, развес теста 2 кг).

Упек хлеба объясняется в основном потерей влаги при подсыхании корочки хлеба. При одинаковых условиях опыта (вес теста, параметры пекарной камеры) ржаной хлеб (95% выхода) имеет больший упек, чем пшеничный (72% выхода).

Ржаной формовой хлеб развесом 1,5 кг при температуре пекарной камеры 260° в конечной фазе выпечки теряет влаги со

всей поверхности от 1,6 до 4,8 г в мин., соответственно упек равняется от 0,102 до 0,298% в мин. Потеря влаги (упек) пропорциональна времени [24] (рис. 15).

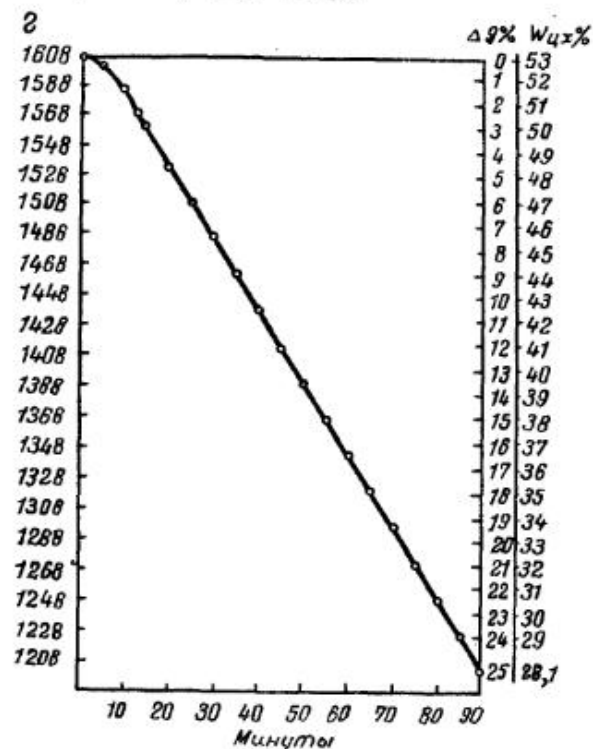


Рис. 15. Потеря влаги (упек) ржаного формового хлеба во времени.

Таблица 83

Номер опыта	Упек в %	Летучие продукты в г на развес						Потери водам в % к весу теста	Потери с. в. в % к весу теста	Соотношение потерь в %	
		вода	спирт	летучие кислоты	альдегиды	углекислый газ	сумма с. в.			водам	с. в.
1	9,97	126,57	2,76	0,47	—	4,55	7,78	9,37	0,58	94,39	5,61
2	9,58	122,97	1,63	0,37	0,014	4,11	6,14	9,11	0,46	95,19	4,81
3	10,70	137,73	1,62	0,47	0,010	4,71	6,81	10,19	0,51	96,13	3,87
Среднее	10,08	129,09	2,01	0,43	0,012	4,46	6,91	9,56	0,52	95,24	4,76



Упек зависит не только от потери тестом-хлебом влаги, но и от потери паров спирта, углекислого газа, летучих кислот, ароматических веществ, с. в. корки.

В. В. Щербатенко, Л. Я. Ауэрман, Н. И. Гогоберидзе [263] определяли потери влаги и с. в. (летучих) при выпечке хлеба из ржаной обойной муки развесом 1350 г (табл. 83).

### ИЗМЕНЕНИЕ КРАХМАЛА ПРИ ВЫПЕЧКЕ

При выпечке крахмал теста набухает и клейстеризуется.

В. И. Назаров и А. В. Николаев [150, 151] при помощи регистрирующего пирометра Н. С. Курнашова доказали, что при нагревании крахмала с водой происходят одновременно два про-

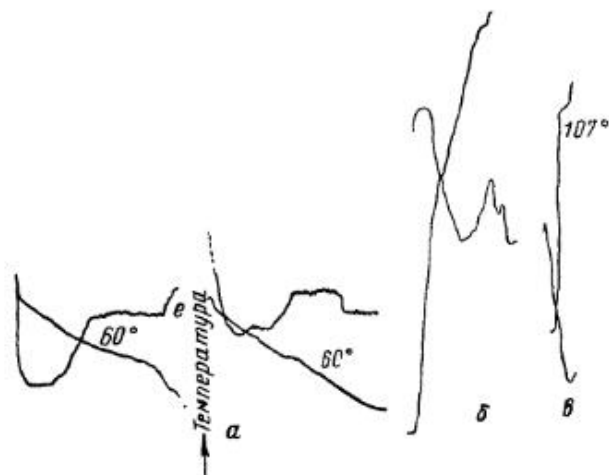


Рис. 16. Температурные кривые нагревания крахмала: а—типичные кривые; б—кривая нагревания суспензии крахмала при погружении дифференциальной термпары в клейстеризованный крахмал; в—кривая нагревания воздушносухого крахмала.

цесса: набухания и клейстеризации. При этом эндотермический тепловой эффект клейстеризации превышает экзотермический тепловой эффект гидратации (происходящий при набухании, рис. 16). С. М. Липатов и др. [117], сравнивая затраты тепла при нагревании нативного и клейстеризованного крахмалов с водой (при абсолютно сухом крахмале), нашли, что теплота клейстеризации составляет 2,5 кал/г.

По В. И. Назарову, набухание, сопровождающее процесс гидратации, ослабляет внутреннюю структуру зерна, в результате чего происходит нарушение структуры крахмального зерна — разделение более крупных мицеллярных агрегатов на отдельные мицеллы или менее крупные группы мицелл (рис. 17).

Состояние оболочки крахмального зерна отражается на кинетике процесса, а не на температуре начала клейстеризации.

Деформация крахмальных зерен ржи при выпечке видна на микрофотографиях Н. И. Гогоберидзе, которая проводила прогревание водно-глицериновой суспензии ржаной муки и теста-



Рис. 17. Структура крахмального зерна (а) и крахмального клейстера (б).

хлеба при разной температуре. Из микрофотографий видно, что основные изменения зерен крахмала происходят при температуре 75° и даже при остывании выпеченного хлеба (рис. 18—21).

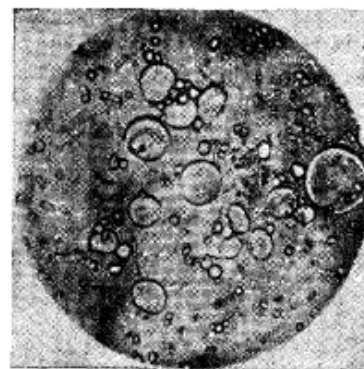


Рис. 18. Крахмал ржаного теста.

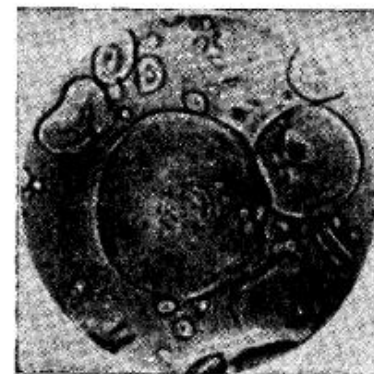


Рис. 19. Зерна крахмала ржаного теста-хлеба (при температуре 75°).

На степень клейстеризации крахмала влияет его морфологическое и химическое строение. В. И. Назаров считает, что тонкопористая морфологическая структура крахмальных зерен более чувствительна к растворенным веществам в среде.

При термографических исследованиях клейстеризации крахмала на термограммах сначала наблюдается экзотермический эффект (набухание), затем происходит эндотермическая остановка кривой клейстеризации.

За эффектом клейстеризации при повышении температуры следует второй эндотермический эффект, связанный с разжиже-

нием образовавшегося студня в связи с переходом крахмала в декстрин (остановка декстринизации). Это особенно наглядно видно при нагревании крахмала с кислотами.



Рис. 20. Зерна крахмала горячего ржаного хлеба (при температуре 95°).

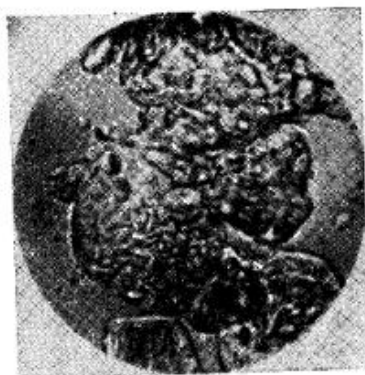


Рис. 21. Зерна крахмала холодного ржаного хлеба.

Температура начала эндотермического эффекта зависит от концентрации электролита. При добавлении КОН различной концентрации температура снижалась следующим образом:

Вода	61,8
0,05 МОН	59,0
0,07	58,0
0,01	56,0
0,12	55,5
0,36	44,0

А. В. Николаев отмечает, что при действии окислителей, изменяющих структуру крахмала, температура остановки клейстеризации резко повышается. То же самое наблюдается при предварительном окислении крахмала.

Изучение процесса клейстеризации крахмала с применением дилатометра показало, что при клейстеризации и при дальнейшей декстринизации уменьшается объем суспензии, чем и объясняется эндотермический эффект обоих процессов.

В последнее время для определения температуры клейстеризации крахмала пользуются амилографом, который представляет собой ротационный вискозиметр со штифами; графически на ленте регистрируются сопротивление сдвигающему усилию и изменения вязкости водно-мучной суспензии. Фактически амилограмма отражает влияние на вязкость среды всего углеводно-амилазного комплекса, а не только крахмала.

С. В. Горбачев [48] разработал точный метод определения начала клейстеризации крахмала, основанный на том, что натив-

ный крахмал не проходит через ватный тампон, а уже частично клейстеризованный крахмал легко проходит через него и происходит изменение цвета йодного раствора в пробирке (синее окрашивание).

Схема прибора С. В. Горбачева изображена на рис. 22.

Киршнер и Хоппе [290] предложили другой простой прибор, действие которого (рис. 23) основано на том, что воздух, про-

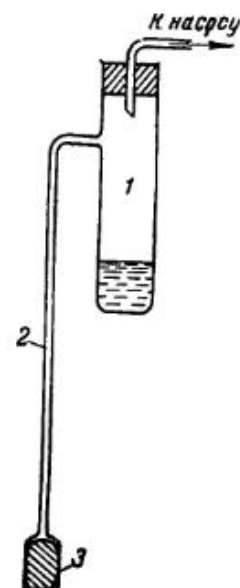


Рис. 22. Прибор С. В. Горбачева:

1—пробирка с суспензией крахмала; 2 — стеклянная трубочка; 3—ватный тампон.

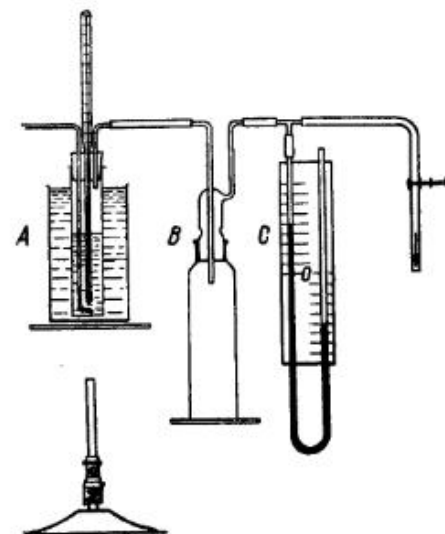


Рис. 23. Прибор Киршнер-Хоппе:

А—сосуд для нагревания крахмала; В—предохранительный сосуд; С—манометр.

дуваемый через непрерывно подогреваемый раствор крахмала, свободно проходит до тех пор, пока не начнется клейстеризация крахмала. После начала клейстеризации воздух не проходит. В это время отмечается температура раствора и вакуум в сантиметрах водяного столба, образующийся в результате сопротивления клейстеризованного крахмала воздуху. На температуру клейстеризации и величину вакуума влияют вид и концентрация раствора крахмала.

В. М. Арциховский [6] для определения начала клейстеризации подсчитывал под микроскопом число неразбухших, полуразбухших и вполне разбухших зерен крахмала при различной температуре. Появление вполне разбухших зерен соответствовало началу клейстеризации.

Разные авторы приводят различные температуры клейстеризации крахмала.

Линтнер установил температуру клейстеризации ржаного крахмала 55°, пшеничного 60°.

С. И. Пронин и Л. Ф. Иванова [182] дают следующую температуру в ° начала клейстеризации ржаного крахмала

Способ получения крахмала	По методу Горбачева	На амилографе
Мука . . . . .	59—62	55—56
Крахмал, отмытый из муки . . . . .	57—58	61—62
Крахмал, отмытый из теста . . . . .	55—56	—

Интересно, что по методу Горбачева клейстеризация муки наступала при более высокой температуре, чем отмытого из нее крахмала, а по амилографу — наоборот. Это объясняется тем, что ватный тампон в приборе Горбачева забивался белками муки и появление клейстеризованного крахмала в пробирке задерживалось. Не исключена возможность влияния белков на температуру клейстеризации крахмала.

Л. Р. Микулинская [16, 143] проводила параллельные испытания на амилографе ржаной муки и крахмала, отмытого из этой муки. При опытах с крахмалом она добавляла вытяжку из той же муки, прогретую и не прогретую до 95° (рис. 24).

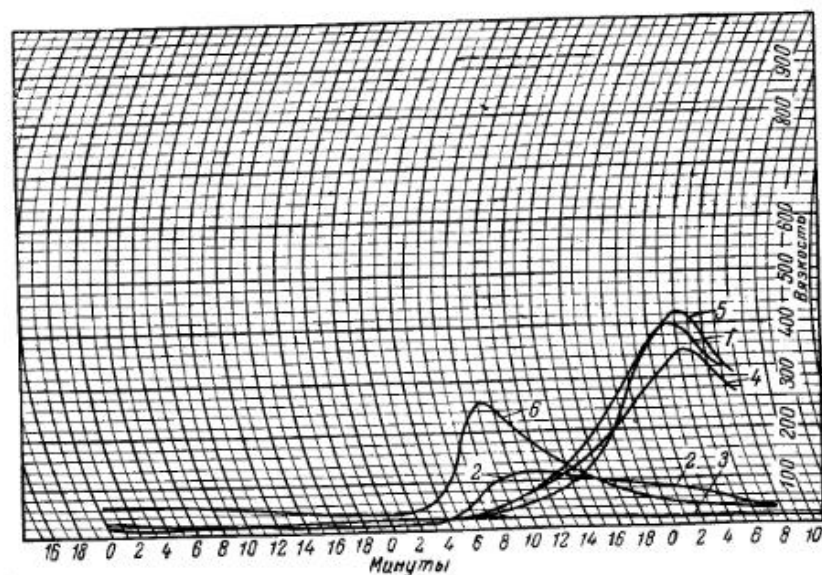


Рис. 24. Амилограммы ржаного крахмала:

1—50 г ржаного крахмала + 450 мл воды; 2—50 г ржаного крахмала + 300 мл воды + 150 мл вытяжки из муки № 1; 3—50 г ржаного крахмала + 300 мл воды + 150 мл вытяжки из муки № 2; 4—50 г ржаного крахмала + 300 мл воды + 150 мл вытяжки из муки № 1, подогретой до 95°; 5—50 г ржаного крахмала + 300 мл воды + 150 мл вытяжки из муки № 2, подогретой до 95°; 6—80 г ржаной муки № 1 + 450 мл воды.

Характер амилограмм крахмала и муки резко различается: амилограмма крахмала расположена значительно выше, чем амилограмма муки (400 и 260 единиц). Амилограмма крахмала резко смещена вправо, начало клейстеризации крахмала при 67°, муки — при 58°, максимум подъема кривой (начало распада крахмальных зерен при клейстеризации) крахмала при 90°, муки — 69°.

А. Я. Пумпянский [193] испытывал на амилографе пять образцов ржаной и пять образцов пшеничной муки.

Таблица 84

Номер партии ржаной муки	Температура в °		Максимум высоты кривой в ед. амилограммы	Номер партии пшеничной муки	Температура в °		Максимум высоты кривой в ед. амилограммы
	начало клейстеризации	при максимальной вязкости			начало клейстеризации	при максимальной вязкости	
1	55	64	60	6	67	77	120
2	56	64	60	7	65	96	770
3	55	61	78	8	60	85	440
4	56	63	130	9	60	70	60
5	57	61	260	10	61	85	690
Среднее	56	63	118	Среднее	63	83	416

Ржаная мука (крахмал) по сравнению с пшеничной имеет более низкую температуру начала клейстеризации и максимальной вязкости; максимальная высота подъема кривой амилограммы ржаной муки значительно меньше, чем пшеничной.

Крупные крахмальные зерна имеют температуру клейстеризации ниже, чем мелкие. При растирании крахмала температура его клейстеризации понижается и приближается к комнатной.

А. Г. Кульман [111] приводит результаты влияния температуры на вязкость суспензии крахмала и его фракций.

Объект	Относительная вязкость при температуре		
	25°	40°	60°
Крахмал . . . . .	1,0010	1,0008	1,0470
Амилопектин . . . . .	1,0660	1,0739	1,0812
Амилоза . . . . .	1,0158	1,0145	1,0089

Данные об изменении химического состава ржаного хлеба при выпечке приводит Н. И. Гогоберидзе [42] (табл. 85).

Таблица 85

Углеводы	Содержание углеводов в					
	муке	тесте пера выпечкой	тесте-хлебе		хлебе	
			при 50°	при 75°	при 95°	остывший
Сахара, непосредственно восстанавливающие фелингову жидкость, в % на с. в. . . . .	0,8	1,3	1,2	1,2	1,2	1,7
Водорастворимые углеводы, восстанавливающие фелингову жидкость после пятиминутного гидролиза, в % на с. в. . . . .	5,4	4,5	3,6	3,9	4,2	4,9
Водорастворимые углеводы, восстанавливающие фелингову жидкость после трехчасового гидролиза, в % на с. в. . . . .	5,6	6,2	6,3	6,7	7,7	12,3
Декстрины в % на с. в. . . . .	2,6	4,0	3,0	4,1	6,5	8,7

В ржаном тесте-хлебе количество водорастворимых углеводов значительно больше, чем в пшеничном. Это объясняется особыми свойствами ржаного теста-хлеба и более продолжительной выпечкой ржаного хлеба.

#### ИЗМЕНЕНИЕ БЕЛКОВ ПРИ ВЫПЕЧКЕ

Белки при выпечке хлеба денатурируются.

По новейшим работам наших исследователей (В. В. Пономарев [172], А. Г. Пасынский [164], К. И. Страцицкий и А. Ф. Кологривова [233], Д. Л. Талмуд [236], В. С. Тонгур [243], А. С. Циперович [252—253], А. С. Циперович и А. Л. Лосева [254]) необходимо различать процессы собственно денатурации белка и последующие вторичные процессы (в частности, коагуляция белка), при которых обычно происходит агрегация.

А. С. Циперович [253] разграничивает при изучении денатурационных процессов: а) модификационные изменения, уменьшающие устойчивость частиц белка при сохранении их нативного состояния; б) собственно денатурационные превращения; в) последенатурационные изменения, связанные главным образом с агрегацией денатурированных частиц. Собственно денатурационные превращения заключаются в коренном преобразовании макромолекулярной структуры белка. Происходит изменение полипептидных цепей, связанное с разрывом некоторых связей, в первую очередь водородных, но одновременно происходит и новое образование водородных связей. При этом увеличивается вязкость раствора и угол оптического вращения раствора белка, повышается реактивность функциональных групп белка (особенно SH-групп) и устойчивость к некоторым

ферментам и др. В частности, в денатурированном белке появляются свободные тирозиновые радикалы, связанные в нативном белке дополнительными водородными связями.

А. Г. Пасынский [164] и другие считают, что при денатурации белка происходит скачкообразный переход от одной структуры белка к другой. При низкой концентрации белка, отсутствии солей, высоком заряде молекулы тепловая денатурация может не сопровождаться агрегацией, при этом вязкость практически не возрастает.

Денатурация белков теста при выпечке сопровождается образованием гидрофобных коагулированных белков.

В. В. Пономарев [172], занимавшийся тепловой денатурацией глиаина, установил, что угол удельного вращения 70%-ного спиртового раствора глиаина уменьшается в зависимости от времени и температуры денатурации.

В отличие от установившегося взгляда, что белок при коагуляции делается более гидрофобным и даже теряет воду, которую поглощает клейстеризующийся крахмал, В. В. Пономарев при определении набухания глиаина объемным и весовым методами пришел к выводу, что набухание глиаина увеличивается с повышением температуры и времени денатурации. Надо только указать, что автор имел дело с глиадином, превращенным в порошкообразное состояние, т. е. уже денатурированным, и набухание, по-видимому, наблюдалось после вторичной денатурации. Результаты опытов приведены в табл. 86 (объемный метод) и 87 (весовой метод).

Таблица 86

Время и температура денатурации	Изменение объема глиаина в мл <sup>3</sup> за время денатурации в мин.					
	5	15	30	45	60	180
Исходный . . . . .	3,4	57,8	74,8	68,0	61,2	—
При 70°, 60 мин. (бюкс) . . . . .	30,0	105,4	119,0	132,6	146,2	200,6
При 70°, 120 мин. (бюкс) . . . . .	81,6	105,4	112,2	132,0	120,8	217,6
При 130°, 60 мин. (бюкс) . . . . .	—	—	125,8	153,0	210,8	272,8
При 70°, 60 мин. (ампула) . . . . .	54,4	95,2	102,0	112,2	143,8	204,0

Вязкость раствора глиаина в 70%-ном спирте, по данным других авторов, увеличивалась с повышением концентрации и температуры денатурации глиаина.

В. В. Пономарев отмечает также, что при тепловой денатурации глиаина падает его растворимость в спирте, уменьшается молекулярный вес, уменьшается количество тепла, выделяю-

Таблица 87

Время и температура денатурации	Набухание глиадина в г за время денатурации в мин.						
	5	10	15	30	60	120	180
Исходный . . . . .	0,02	0,02	0,02	0,06	0,08	0,10	0,10
При 70°, 60 мин. (бюкс)	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,11	0,12
При 70°, 120 мин. (бюкс)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,12	—
При 70°, 240 мин. (бюкс)	0,06	0,04	0,04	0,05	0,07	0,09	0,12
При 150°, 60 мин. (бюкс)	0,05	0,05	0,06	0,07	0,11	0,13	0,16
При 150°, 120 мин. (бюкс)	0,06	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	—
При 150°, 240 мин. (бюкс)	0,06	0,05	0,06	0,06	0,09	0,13	0,15

щегося при взаимодействии глиадина с водой; наоборот, увеличивается количество тепла, выделяющегося при взаимодействии его со спиртом, увеличивается теплота сгорания глиадина.

В. Л. Кретович и Е. Н. Рязанцева [95] установили, что растворимость глиадина в спирте при нагревании до 130° зерна понижается (Манитоба с 58 до 44,5% — контроль, а Эритропермум с 24,5 до 11,59% — контроль). Они же отмечают, что заметно снижается гидратация клейковины и уменьшается растворимость белков.

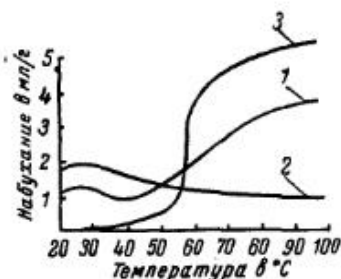


Рис. 25. Изменения набухания муки, клейковины и крахмала с повышением температуры: 1—мука; 2—клейковина; 3—крахмал.

клейковины и крахмала (рис. 25).

При тепловой денатурации белков увеличивается их атакуемость протеолитическими ферментами.

На основании рентгеноскопических данных установлено постепенное разрушение при денатурации кристаллической решетки глиадина.

К сожалению, не было проделано подобных опытов с белками ржаной муки, но можно предполагать, что приведенная закономерность изменений белка при денатурации будет сохраняться и в случае белка, выделенного из ржи.

А. Г. Кульман [111] приводит график изменения набухаемости муки с повышением температуры

## СОХРАННОСТЬ ВИТАМИНОВ ПРИ ВЫПЕЧКЕ

Работ, посвященных применению витаминов при выпечке ржаного хлеба, недостаточно. Следует отметить работу Л. Я. Ауэрмана, В. Н. Букина, З. И. Зайцева, Л. С. Куцевой, В. Ф. Пашовкина и В. В. Щербатенко [13], которые исследовали сохранность витаминов в ржаном хлебе из нормальной обойной муки и в хлебе, приготовленном из витаминизированного теста. Содержание витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и РР в исходной муке и хлебе приведено в табл. 88.

Таблица 88

Мука и сорт хлеба	Содержание витаминов в муке в мг на 1 кг с. в.			Сохранность витаминов в %		
	В <sub>1</sub>	В <sub>2</sub>	РР	В <sub>1</sub>	В <sub>2</sub>	РР
Мука ржаная обойная 95%, партия № 1 . . . . .	5,18	3,73	12,1	100	100	100
Хлеб невитаминизированный . . . . .	3,59	3,0	11,0	69,35	80,43	90,9
Тесто витаминизированное . . . . .	13,18	11,73	72,1	100	100	100
Хлеб витаминизированный . . . . .	8,46	7,8	45,0	64,2	66,5	62,2
Мука ржаная обойная 95%, партия № 2 . . . . .	4,07	2,91	13,68	100	100	100
Хлеб невитаминизированный . . . . .	3,24	2,90	12,46	70,0	100	91,1
Тесто витаминизированное . . . . .	12,58	11,42	77,48	100	100	100
Хлеб витаминизированный . . . . .	8,0	8,2	52,1	63,6	71,8	67,2
Мука ржаная обойная 95%, партия № 3 . . . . .	5,3	2,99	12,4	100	100	100
Хлеб невитаминизированный . . . . .	3,61	2,53	11,5	68,1	84,6	92,7
Тесто витаминизированное . . . . .	13,81	11,5	76,2	100	100	100
Хлеб витаминизированный . . . . .	8,90	7,84	55,1	64,4	68,2	72,3

Как видно из таблицы, в хлебе из ржаной обойной муки сохранялось в среднем около 70% витамина В<sub>1</sub>, 88% витамина В<sub>2</sub> и около 92% витамина РР.

Сохранность витаминов, добавляемых при витаминизации, несколько ниже. В ржаной муке из добавленных витаминов сохранялось только две трети.

## КОЛЛОИДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ВЫПЕЧКЕ

При выпечке происходит ряд коллоидных процессов в куске теста-хлеба (способность теста-хлеба связывать воду, переход водорастворимых веществ в раствор, способность к набуханию, пенообразующая способность водных экстрактов хлеба и др.).

В этой области большую работу проделали сотрудники коллоидной лаборатории ВНИИХПа А. Г. Кульман и Р. А. Бранопольская [27, 107—111, 113].

По трем из вышеуказанных показателей получены следующие данные (табл. 89).

Таблица 89

Объект исследования	Способность теста-хлеба связывать воду в %			Количество водорастворимых веществ теста-хлеба, перешедших в раствор			Увеличение объема набухшего хлеба в см <sup>3</sup>		
	центральная часть хлеба	периферийная часть хлеба	средняя проба хлеба	центральная часть хлеба	периферийная часть хлеба	средняя проба хлеба	центральная часть хлеба	периферийная часть хлеба	средняя проба хлеба
Тесто . . . . .	50,3	54,0	54,0	11,8	11,8	11,9	3,1	3,1	3,1
Хлеб, выпекаемый 10 мин.	63,8	79,5	65,2	12,0	12,7	12,4	3,2	3,2	—
То же, 20 мин.	76,1	92,5	87,6	12,5	13,5	12,9	5,1	5,1	—
То же, 30 мин.	91,0	94,0	94,0	14,1	14,1	14,1	8,9	8,9	8,9

Пенообразующая способность хлеба по мере пропекания значительно падает (рис. 26).

Интересно сравнение пенообразующей способности водных экстрактов хлеба различной степени пропеченности при электроконтактной выпечке и при выпечке в печи (табл. 90).

Таблица 90

Конечная температура мякиша в момент окончания выпечки в °	Объем пены в мл через 5 мин. после встряхивания			
	ржаной хлеб		пшеничный хлеб	
	электро-выпечка	печная выпечка	электро-выпечка	печная выпечка
Тесто	29,0	29,0	20,0	20,0
80	25,5	19,5	16,5	10,5
85	25,0	13,8	11,3	3,0
90	25,0	12,3	6,1	1,0
92	—	—	5,5	0,6
93	—	10,0	—	—
94	—	—	3,5	1,0
98	12,7	0	4,0	0

В связи с денатурацией белков и снижением количества пенообразующих веществ по мере пропекания хлеба пенообразующая способность падает.

Готовность ржаного хлеба можно определять по пенообразующей способности его, так как у ржаного хлеба объем пены мал и она быстро разрушается.

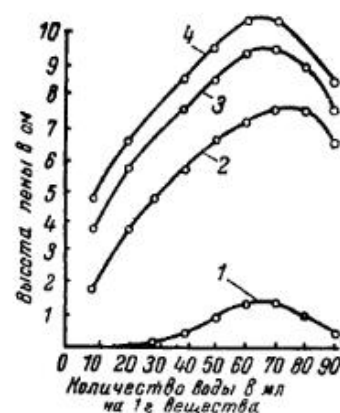


Рис. 26. Пенообразующая способность теста и хлеба на разных стадиях выпечки (центральная зона): 1—хлеб (выпечка 30 мин.); 2—хлеб (выпечка 20 мин.); 3—хлеб (выпечка 10 мин.); 4—тесто.

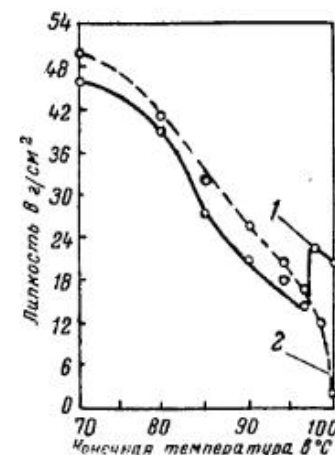


Рис. 27. Изменение липкости мякиша хлеба в зависимости от способа выпечки: 1—печной; 2—контактный.

По мере пропекания уменьшается липкость мякиша хлеба (рис. 27).

Изменения коллоидно-химических показателей в готовом ржаном хлебе по сравнению с тестом при разных способах выпечки приведены в табл. 91 [113].

Таблица 91

Способ выпечки	Способность связывать воду в %	Количество водорастворимых веществ в %	Количество водорастворимых коллоидов в %	Седиментационный объем в мл	Пенообразующая способность (максимальный объем) в мл	Липкость в г/см <sup>2</sup>
Печной . . . . .	+1,40	+1,47	+1,95	+2,13	—3,80	—5,80
Контактный . . . . .	+1,13	+1,39	+1,16	+2,24	—1,48	—6,00

Более слабая связь воды и муки у ржаного теста по сравнению с пшеничным наглядно видна из работы Б. А. Николаева, В. П. Антоновой и Л. С. Беганской [156], проводивших сравнительную сушку ржаного (влажностью 54,5%) и пшеничного

(влажностью 48%) теста при 100° в течение 40 мин. Муку брали влажностью 10 и 16% (рис. 28).

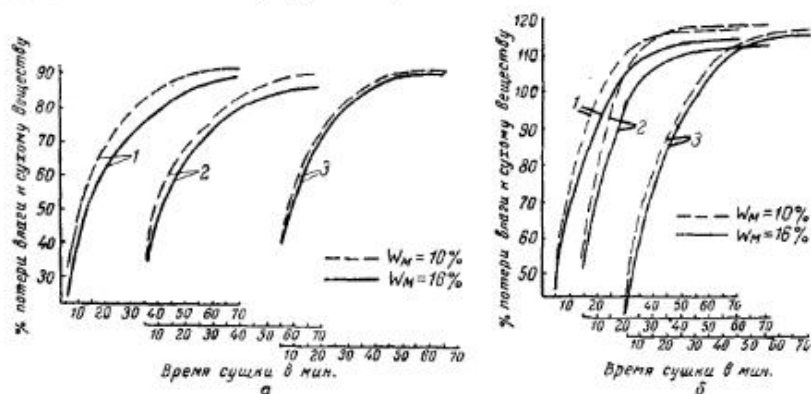


Рис. 28. Кривые сушки:  
а—пшеничного теста; б—ржаного теста.

Деформация сдвига, измеренная прибором Б. А. Николаева, в зависимости от продолжительности выпечки ржаного хлеба разной его высоты установлена Н. И. Гогоберидзе (рис. 29).

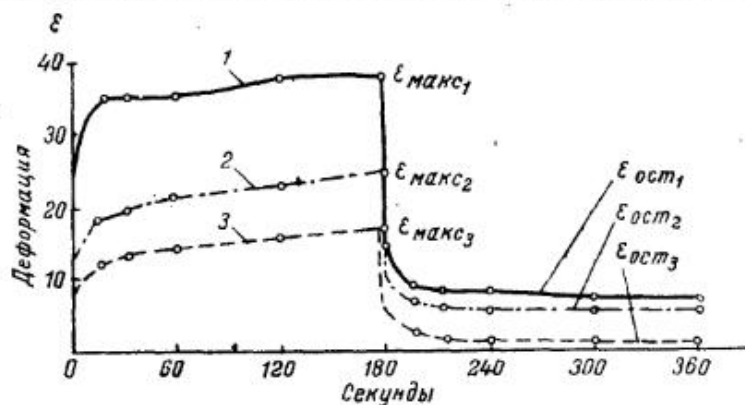


Рис. 29. Зависимость деформации сдвига от времени (кинетика деформации) при различной высоте хлеба:  
1—образец хлеба № 1,  $h_1=150$  мм; 2—образец хлеба № 2,  $h_2=100$  мм;  
3—образец хлеба № 3,  $h_3=50$  мм.

Как видно из графика,  $\epsilon_{\max}$  и  $\epsilon_{\text{ост}}$  у более высокого хлеба больше, чем у низкого.

#### ФЕРМЕНТЫ И МИКРООРГАНИЗМЫ ПРИ ВЫПЕЧКЕ

Обычно микроорганизмы брожения при нагревании их в водном субстрате до 60° погибают (дрожжи темного раньше, чем молочнокислые бактерии). М. И. Ратнер и З. Ф. Фалунина

[201], изучая микрофлору ржаного хлеба, обнаружили на стерильном сусле с добавлением мочки ржаного хлеба палочки молочнокислых бактерий и клетки дрожжей. При предварительном кипячении мочки ни тех, ни других микроорганизмов не было обнаружено. Авторы делают вывод, что в выпеченном хлебе сохраняется жизнеспособная, хотя и ослабленная, неспоровая микрофлора, в том числе молочнокислые бактерии и дрожжи. Это явление можно объяснить защитным действием коллоидов теста и кратковременностью подъема температуры в центре мякиша.

При пропеивании до 35° дрожжи и молочнокислые бактерии более интенсивно образуют углекислый газ и кислоту, а для термофильных видов интенсивность жизнедеятельности лежит даже при более высокой температуре. Это следует учитывать при изучении явлений, происходящих при выпечке (увеличение объема хлеба, нарастание кислотности).

Ферменты при выпечке инактивируются при разной температуре, здесь тоже имеет большое значение среда, в которой находятся ферменты.

Е. Г. Онищенко и И. А. Попадич [161], изучавшие влияние прогревания зерна ржи и пшеницы на активность амилазы, пришли к выводу, что при термической обработке зерна значительно инактивируются амилотические ферменты. При этом более сильное действие оказывает гидротермическая обработка. Авторы отмечают, что инактивация амилотических ферментов имеет частично обратимый характер.

С. И. Пронин и Б. М. Дах [181] наблюдали ход термической инактивации зерновых амилаз в ржаном тесте (табл. 92).

В. Л. Кретович и Е. Н. Рязанцева [95] установили, что при прогревании зерна пшеницы до 60—90° амилаза не угнетается, а даже активизируется; при дальнейшем прогревании до 105° наступает частичная инактивация амилазы. В буферном растворе даже при сильном прогревании активность амилазы почти не снижается.

Влияние кислотности теста на термостабильность ферментов подтверждается опытами С. И. Пронина и И. С. Петровой [183, 184], которые подробно изучали термостабильность  $\alpha$  и  $\beta$ -амилаз ржаного теста при разной кислотности и разной температуре. Авторы различают две стадии инактивации  $\beta$ -амилазы: 1) инактивация основного количества фермента (дуплицирная черта в таблице) и 2) исчезновение его остаточной активности (сплошная черта в таблице). Пробы отбирали из мякиша, имеющего определенную температуру; об активности амилазы судили по количеству сахара (по Бертрану) после выдерживания водной болтушки мякиша при 60° в течение 1 часа. Другую пробу мякиша немедленно растирали с реактивом Барнштейна, при этом амилаза инактивировалась. Активность амилазы опре-





## ПРОЦЕССЫ В НАРУЖНОМ СЛОЕ ХЛЕБА

Уже в первые минуты выпечки на поверхности куска теста образуется тонкая пленочка из денатурированного белка. Предполагают, что крахмал в данном случае не клейстеризуется из-за отсутствия воды, но при смачивании поверхности водой частичная клейстеризация крахмала все же происходит. Некоторое время образовавшаяся пленка обладает эластичностью и растягивается, что дает возможность тесту в первое время выпечки увеличиваться в объеме без разрыва поверхности. Увлажнением поверхности теста и насыщением пекарной камеры паром удлиняют время, при котором будет сохраняться эластичность пленки. Наконец, наступает момент, когда пленка прогревается, теряет воду, в результате чего становится хрупкой (твердой). Это происходит, когда на поверхности теста температура достигает почти 100° (температура точки росы). В это время прекращается конденсация водяного пара на поверхности теста и начинается усиленное испарение с нее воды. Образуется твердая корка, толщина которой постепенно увеличивается за счет обезвоживания внутренних слоев теста, прилегающих к корке. При подсыхании корки поры в ней сжимаются. Капилляры в корке забиваются выносимыми изнутри теста-хлеба крахмальными зернами. К. Н. Чижова [256], сравнивая электроконтактную и печную выпечку, указывает, что корка задерживает в хлебе спирт и другие ароматические вещества.

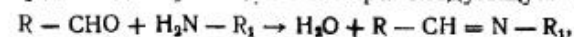
Цвет корки по мере выпекания изменяется, становится темнее. Разные сорта хлеба имеют различную окраску корки (различные оттенки).

Цвет корки зависит от температуры на поверхности хлеба, которая колеблется в довольно больших пределах. Следует также учитывать, что в отдельных местах поверхности хлеба температура бывает разная. В связи с этим интенсивность окраски корки неодинаковая.

В настоящее время считают, что окраска корки зависит в первую очередь от образования темноокрашенных меланоидинов за счет окислительно-восстановительного процесса—взаимодействия между восстанавливающими сахарами и белками, а также от продуктов распада белков в зависимости от количества свободных аминных групп в них. Водные экстракты из хлебных корок дают УФ-спектр, близкий к спектру меланоидинов. Процессам меланоидинообразования посвящено много исследований (Л. Я. Ауэрман и др. [14]; Г. С. Волгунов и М. Т. Похно [33]; В. Л. Кретович и Р. Р. Токарева [96]; А. М. Кузин и О. И. Полякова [105]; А. Т. Марх [135]; А. Г. Забродский [58]; А. Г. Забродский и В. А. Витковская [59, 60]; А. Г. Забродский и А. Ф. Положишник [61]; М. Ф. Машковцев [138]; В. А. Смирнов и К. А. Гейслиц [227]; В. Л. Кретович [91]; Береш и Мацелка [270]; Дешрейдер [275]).

А. Г. Забродский считает, что при взаимодействии аминокислот с сахарами карбонильная группа сахара вступает в реакцию с аминной группой аминокислоты с образованием веществ, названных Майяром меланоидинами.

Пти [299] дает для реакции Майяра следующую схему:



где: R—CHO — молекула сахара;

H<sub>2</sub>N—R<sub>1</sub> — молекула аминокислоты.

Полученное соединение R—CH=N—R<sub>1</sub> разлагается:

1) на форфуол и аминокислоты в нейтральной и слабокислой водной среде с потерей трех молекул воды;

2) на редутоны с потерей двух молекул воды;

3) на ацетон, альдегиды, пировиноградную кислоту, диацетил. Большая часть азотистых веществ, полимеризуясь, образует пигменты.

В. Л. Кретович [91] считает, что в результате взаимодействия аминокислоты и восстанавливающего сахара происходит разложение аминокислоты с образованием соответствующего альдегида, аммиака и углекислого газа и сахара — с образованием фурфуурола или оксиметилфурфуурола. Последние легко вступают в соединение с аминокислотами и белками, образуя темноокрашенные меланоидины.

Дешрейдер [275], наоборот, считает, что в процессе образования цвета корки хлеба оксиметилфурфуол не участвует. Состав меланоидинов еще точно не установлен. Дешрейдер хроматографическим методом в извлеченном спиртом из корки хлеба красящем веществе нашел пять аминокислот не установленного характера, кроме того, аланин, тирозин, глутаминовую кислоту, лейцин и фенилаланин.

Береш и Мацелка [270] предполагают на основании хроматографического анализа, что меланоидины и редутоны содержат вещества, сходные с фульвиновой кислотой (в частности, в меланоидинах, полученных в щелочной среде из глюкозы и гликокола). На реакцию меланоидинообразования влияет температура, среда, влажность, соотношение сахара и аминокислоты, вид сахара и аминокислоты и пр.

При низкой температуре (37°) образуются бесцветные вещества. Так, А. М. Кузин и О. И. Полякова [105], проводившие исследования при 18°, считают, что углеводы, имеющие свободный полуацетальный гидроксил, дают с аминокислотами в концентрированной щелочной среде продукты присоединения типа N-глюкозидов. В нейтральной, кислой средах эти соединения легко гидролизуются с образованием исходных продуктов. При высокой температуре (100—160°) получают темноокрашенные продукты (меланоидины).

С повышением температуры одно и то же количество аминокислоты связывает возрастающее количество сахара [59].

Многие исследователи считают, что меланоидины лучше образуются в щелочной среде. Это подтверждается опытами В. Л. Кретовича и Р. Р. Токаревой [96] (рис. 30).

А. Г. Забродский и В. А. Витковская [59] считают, что в кислой среде реакция образования меланоидинов практически не зависит от pH, а при pH выше 7 усиливается за счет щелочного разложения сахара.

На корке хлеба при образовании меланоидинов имеется мало воды.

М. Ф. Машковцев [138] в своих опытах прогревал смесь гликокола и глюкозы с разным количеством воды и пришел к выводу, что увеличение содержания воды в реакционной смеси из аминокислот и редуцирующих сахаров тормозит процесс меланоидинообразования; увеличение же содержания аминокислоты в среде ускоряет эту реакцию.

По активности в реакции с сахарами аминокислоты можно расположить примерно: гликокол → аланин → валин → лейцин → метионин → аспарагин → глутаминовая кислота → цистин → тирозин. С увеличением молекулярного веса аминокислоты труднее образуется комплексное соединение с сахаром [105].

На реакцию меланоидинообразования отдельные сахара влияют по-разному. Данные об интенсивности меланоидинообразования при взаимодействии гликокола, аланина и лейцина с разными сахарами приведены в табл. 96 (по Кретовичу и Токаревой).

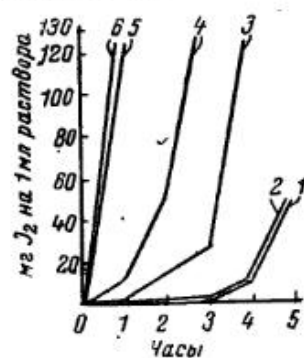


Рис. 30. Зависимость интенсивности меланоидинообразования от pH:

1—pH 4,9 (вода); 2—pH 4,9; 3—pH 5,9; 4—pH 7; 5—pH 8; 6—pH 9.

Из таблицы видно, что на интенсивность окраски влияют больше сахара, чем аминокислоты; особенно темную окраску дает ксилоза.

Процесс меланоидинообразования можно ускорить добавлением нейтрализованной молочной кислоты (рис. 31).

А. Г. Забродский и В. А. Витковская [59] установили, что при

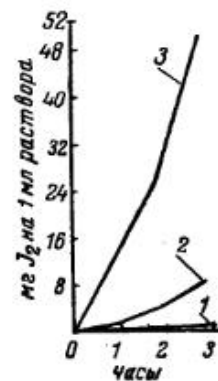


Рис. 31. Влияние молочной кислоты на интенсивность меланоидинообразования:

1—гликокол + молочная кислота; 2—ксилоза + гликокол; 3—ксилоза + гликокол + нейтрализованная молочная кислота.

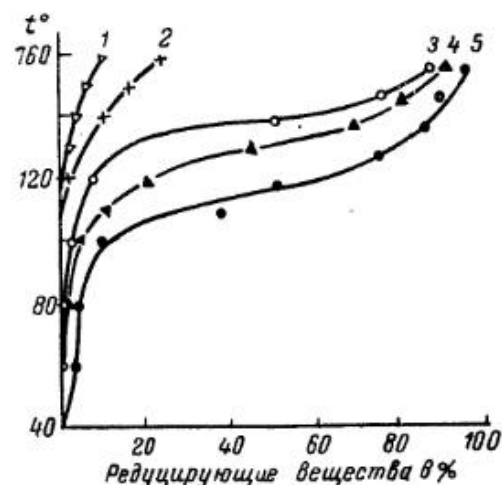


Рис. 32. Убыль восстановительной способности при нагревании углеводов с аминокислотой:

1—глюкоза; 2—декстрин + гликокол; 3—сахароза + гликокол; 4—глюкоза + гликокол; 5—арабиноза + гликокол.

температуре более 120° в реакцию с аминокислотами вступают не только простые сахара, но и сахароза, мальтоза и декстрин (рис. 32).

Еще ранее отмечалось [214, 215], что при добавлении сахарозы в тесто из сортовой пшеничной муки получали хлеб с золотисто-желтой коркой, а при добавлении в тесто мальтозы (осахаренной заварки) корка имела желтовато-малиновый оттенок.

Наиболее легко реакция меланоидинообразования идет с пентозами [96].

Образование меланоидинов задерживает аскорбиновая и сернистая кислоты [135]. По работам В. Л. Кретовича и Р. Р. Токаревой, реакция меланоидинообразования замедляется при добавлении димедона, связывающего альдегиды.

По А. Г. Забродскому и В. А. Витковской, меланоидины дрожжами не сбраживаются, но они влияют на интенсивность брожения (ускоряют размножение, старение и отмирание дрожжевых клеток). Это надо учитывать при добавлении в тесто мочки хлеба.

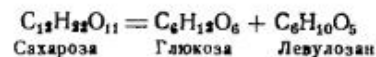
Таблица 96

Компоненты реакционной смеси	Интенсивность окраски в единицах прибора	Примечание
Ксилоза + гликокол . . . . .	127,0	Запах карамели
Ксилоза + I-лейцин . . . . .	25,4	Запах ржаного хлеба
Ксилоза + I-аланин . . . . .	12,7	—
Арабиноза + гликокол . . . . .	4,23	Запах карамели . . . . .
Арабиноза + I-лейцин . . . . .	1,81	Запах ржаного хлеба
Арабиноза + I-аланин . . . . .	1,41	—
Фруктоза + гликокол . . . . .	1,41	Запах карамели . . . . .
Фруктоза + I-лейцин . . . . .	0,4	Запах ржаного хлеба . . . . .
Фруктоза + I-аланин . . . . .	0,3	—
Глюкоза + гликокол . . . . .	0,4	Запах карамели . . . . .
Глюкоза + I-лейцин . . . . .	0,2	Запах ржаного хлеба . . . . .
Глюкоза + I-аланин . . . . .	0,2	—

М. И. Княгиничев и П. М. Плотников [73] приводят следующий состав меланоидинов: углерода 54—60, водорода 4,9—5,17, азота 3,5—5,3 и кислорода 31,3—35,1%. Кроме того, в них обнаружены спиртовые, карбонильные, карбоксильные и фенольные группы.

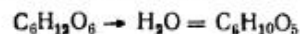
Кроме меланоидинов, на цвет корки влияет и карамелизация сахара на поверхности корки. Процесс карамелизации происходит в несколько стадий.

1) При нагревании сахарозы выше температуры плавления (выше 160°) она распадается на глюкозу и ангидрид фруктозы—левулозан.



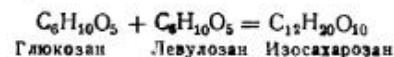
(распад идет без изменения веса).

2) При более продолжительном нагревании глюкоза отщепляет воду и также переходит в ангидрид—глюкозан.

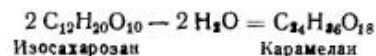


(потеря воды 5% от веса сахарозы).

3) При 185—190° оба ангидрида вступают в реакцию и образуют изосахарозан

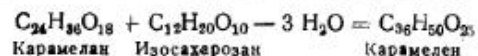


4) При дальнейшем нагревании изосахарозан переходит в карамелан



(потеря веса 10%).

5) При дальнейшем нагревании получается карамелен.



Карамелен — коричневый порошок, негигроскопичный, горького вкуса, температура плавления его 204—205°, легко растворяется в воде (раствор коричневого цвета).

Сахара карамелизуются и при более низкой температуре, но для этого требуется больше времени; фруктоза карамелизуется легче, чем глюкоза.

Корка ржаного хлеба из обойной муки имеет темную окраску — темновато-коричневую, серовато-коричневую с малиновым, красноватым оттенком. У ржаного хлеба из сеяной муки верхняя и боковые корки часто бывают окрашены в коричнево-малиновый цвет (разной интенсивности).

На основании вышесказанной теории меланоидинообразования и карамелизации можно предполагать, что цвет ржаного хлеба зависит от его большей кислотности, преобладания в си-

ставе ржаного теста мальтозы, пентозанов и несколько иного аминокислотного состава белков ржаной муки. Отражается на цвете корки ржаного хлеба более продолжительное время выпечки и более высокая температура выпечки. Следовательно, на цвет корки ржаного хлеба влияют образование меланоидинов, карамелизация и декстринообразование.

При оценке внешнего вида хлеба придают значение гляncу верхней корки. Глянec на поверхности корки получается в результате клейстеризации крахмала. Влага конденсируется на поверхности теста-хлеба из паро-воздушной среды пекарной камеры.

По Н. В. Беликову [24], влага концентрируется в печи только в период, когда температура поверхности теста не достигла еще температуры точки росы (при параметрах камеры). Глянec образуется при обильном увлажнении и при температуре поверхности хлеба около 80—85°.

Одновременно с меланоидинами образуется и муравьиная кислота. Предполагают [280], что в результате реакции между восстанавливающими сахарами и аминокислотами получается оксиметилфурфурол, который в кислой среде (хлеб) разлагается на муравьиную и левулиновую кислоты. Имеются данные, что муравьиная кислота образуется только при выпечке ржаного хлеба и в незначительном количестве при выпечке пшеничного из обойной муки. Муравьиная кислота в ржаном хлебе была найдена В. Л. Кретовичем и Н. Т. Прохоровой. Особенно много муравьиной кислоты содержится в ржаном хлебе — пumperннике.

В работе Шульца и Дрекса [313] установлено, что количество муравьиной кислоты увеличивается при добавлении в тесто молока, соевой муки, обезжиренного сухого молока и солодовой муки при длительной выпечке.

Муравьиная кислота повышает стойкость хлеба при хранении.

#### ДРУГИЕ ВОПРОСЫ, СВЯЗАННЫЕ С ВЫПЕЧКОЙ РЖАНОГО ХЛЕБА

При выпечке штучного хлеба из сеяной ржаной муки куски теста перед выпечкой обжаривают при температуре пекарной камеры 300—320° и пода печи 320—340° (рижский, минский, ви-тебский хлеб и др.).

Эккардт [281] сообщает, что в настоящее время имеются конвейерные печи с приспособлением для предварительной обжарки ржаного хлеба в течение 4 минут при 450°.

У нас раньше обжарку производили в жаровых печах.

А. С. Гинзбург и другие [40—43] изучали процесс обжарки куска теста в течение 3—5 мин. За это время на поверхности куска теста получается тонкая, бледно-желтого цвета, эластич-

Т а б л и ц а 97

ная пленочка, под пленкой находится слой недопеченного мякиша толщиной 10—15 мм и в центре — тесто. Пленка имеет температуру около 110°, считают, что она в результате клейстеризации крахмала и денатурации белка газонепроницаема.

Общая продолжительность выпечки, включая время обжарки, равна или меньше продолжительности выпечки хлеба без обжарки.

При выпечке ржаного хлеба из обойной муки наблюдается потемнение мякиша. Из светло-серого теста получается мякиш темно-коричневого цвета. При выпечке хлеба из сеяной (пеклеванной) ржаной муки мякиш не темнеет. Предполагают [91], что в оболочках ржаной муки имеется фермент тирозиназа, окисляющий тирозин с образованием темноокрашенных соединений — меланинов.

Температура и время выпечки хлеба взаимно связаны. От продолжительности выпечки зависит внешний вид хлеба, его физико-химические показатели и вкус.

Н. И. Гогоберидзе [42] изучала влияние продолжительности выпечки на качество хлеба. Она считает, что ускоренная выпечка ржаного хлеба ухудшает его качество (вкус, аромат и свойства мякиша). Это особенно резко сказывается при кратковременной выпечке ржаного столового хлеба мелкого развеса.

Физико-химические показатели ржаного хлеба с различным временем выпечки приводятся в табл. 97.

Хлеб при длительной выпечке имеет более глубокий распад углеводов и большую податливость белков действию пепсина: у него повышается процент пористости, мякиш становится более эластичным и нежным, приятного темно-коричневого цвета. Вкус и аромат такого хлеба лучше, чем хлеба с меньшим временем выпечки. Особенно приятным, сладким вкусом и ароматом обладает хлеб, выпеченный в течение 20 час.

#### ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЗАВАРКИ

В специальные сорта ржаного хлеба (рижский, бородинский, любительский и др.) добавляют заварку. Вопрос этот изучали А. Я. Пумпянский [192, 193, 194], И. Голфенгаузен и Л. Томашевская [47], З. С. Кузьмина [106] и др.

Очень часто в рецептуру хлеба, приготовляемого на заварке, входит красный ржаной или белый ячменный солод. Заварку добавляют при приготовлении закваски или опары и очень редко вносят при замесе теста. Солод всегда заваривают вместе с мукой, идущей на приготовление заварки.

Кориандр, тмин и анис (при добавлении более 0,5% к весу муки) заваривают вместе с солодом и мукой.

Обычно для заваривания берут 1 часть муки и 3 части воды.

Приготовленную заварку быстро охлаждают, добавляя в нее холодную воду, или постепенно, в течение 40—50 мин., все время перемешивая ее,

Показатели	Формовой хлеб, выпекавшийся в течение минут			Формовой хлеб, выпекавшийся в течение 20 час.
	150	90	40	
Влажность в % . . . . .	53,2	53,2	53,0	51,7
Пористость в % . . . . .	57,8	53,1	51,5	—
Липкость в г/см <sup>2</sup> . . . . .	4,7	3,9	3,3	22,2
Сжимаемость в единицах прибора	3,5	3,2	3,1	—
Вязкость суспензии мякиша по амилографу в единицах прибора	280	320	360	—
Максимальная вязкость смеси мякиша и воды, определяемая в месилке фаринографа, в единицах прибора . . . . .	560	620	680	—
Расход электроэнергии на промешивание хлебного мякиша в месилке фаринографа в вт на кг хлеба . . . . .	14,3	15,3	16,1	—
Максимальная деформация сдвига в единицах прибора Николаева	38	24,5	16,5	—
Истинная вязкость в пуазах по прибору Николаева . . . . .	14500·10 <sup>9</sup>	20720·10 <sup>9</sup>	30220·10 <sup>9</sup>	—
Модуль сдвига в дин/см <sup>2</sup> по прибору Николаева . . . . .	47700	78850	119800	—
Цветность в % . . . . .	79,7	78,6	78,0	89,6
Кислотность в°				
общая . . . . .	11,8	11,2	10,6	16,6
обусловленная содержанием нелетучих кислот . . . . .	8,4	7,9	7,3	12,8
обусловленная содержанием летучих кислот . . . . .	3,4	3,3	3,2	3,8
Содержание в % на с. в. спирта .	1,39	1,18	1,04	—
водорастворимых веществ . .	32,4	27,3	24,9	—
водорастворимых углеводов, восстанавливающих фелингову жидкость после 3 часов гидролиза . . . . .	17,2	14,2	12,0	34,1
декстринов . . . . .	7,76	6,45	5,01	23,1
непосредственно восстанавливающих сахаров . . . . .	2,29	1,99	1,66	4,16
водорастворимых пентозанов .	2,78	2,47	2,10	—
водорастворимых азотистых веществ . . . . .	0,50	0,49	0,47	0,42
Содержание альдегидов в мг на 100 г с. в. . . . .	4,4	—	2,2	—
Приrost водорастворимого азота в % к общему азоту при действии пепсина . . . . .	16,9	—	11,4	—

При заваривании муки происходит клейстеризация крахмала, денатурация белков и частичная инактивация ферментов, в результате чего в заварке увеличивается количество водорастворимых веществ. Содержание сахаров остается прежним или увеличивается в зависимости от степени инактивации ферментов. А. Я. Пумпянский установил содержание сахара в заварке 10,3—33,4%, в хлебе, приготовленном на заварке — 8,48—10,12%. Количество водорастворимых веществ было от 38,1 до 59,8%.

Начальная консистенция теста с неосахаренной заваркой была во всех случаях крепче, чем консистенция теста без заварки (разница на 8—10 единиц по консистомеру). Тесто с заваркой, осахаренной в течение 15 мин., по консистенции было слабее, чем контрольное (на 4—7 единиц).

Приготавливают также и соленую заварку. При заваривании муки добавляют от 0,5 до 2,5% поваренной соли (в пределах рецептуры).

И. Гопфенгаузен и Л. Томашевская [47] указывают, что хлеб с соленой заваркой из любой муки (нормальной и пониженного качества) получается стандартный: корка хлеба становится эластичной, нежной, с хорошим колером.

А. Я. Пумпянский считает, что добавление соли в заварку снижает количество редуцирующих сахаров в ней, повышает температуру клейстеризации на 10°, тормозит амилолиз.

#### КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. Теплофизические процессы в ржаном хлебе в основном протекают так же, как и в пшеничном. Ржаной хлеб прогревается медленнее, чем пшеничный, из-за плохой теплопроводности первого, зависящей от характера пористости.

2. Ржаная мука и крахмал имеют более низкую температуру начала клейстеризации. Количество водорастворимых углеводов в ржаном тесте и хлебе значительно больше, чем в пшеничном.

3. До сих пор не изучены процессы денатурации белка, происходящие при выпечке хлеба.

Связь воды и муки в ржаном тесте более слабая, чем в пшеничном.

4. Витамины группы В (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и РР), содержащиеся в муке, при выпечке хлеба сохраняются соответственно на 70, 88 и 92%. Синтетические витамины, которые добавляют в тесто, сохраняются в хлебе приблизительно на  $\frac{2}{3}$ .

5. У ржаного хлеба объем пены, характеризующий состояние белков при выпечке, небольшой, пена быстро разрушается.

6. При выпечке дрожжи погибают раньше молочнокислых бактерий.

В ржаном тесте при нагревании снижение амилазной активности начинается раньше, чем в пшеничном, это зависит от боль-

шей кислотности ржаного теста. Полная инактивация амилазы также зависит от кислотности теста.

Оптимальная температурная зона действия  $\alpha$ -амилазы проросшей ржи 54—63°, а проросшей пшеницы 60—66°.

7. Цвет ржаного хлеба из обойной муки от темно-коричневого до серовато-коричневого с различными оттенками.

Цвет корки зависит от образования меланоидинов, карамелизации и декстринообразования.

Более интенсивная темная окраска ржаного хлеба объясняется его большей кислотностью, преобладанием в ржаном тесте мальтозы, пентозанов. Возможно влияет на цвет ржаного хлеба иной аминокислотный состав белков ржаной муки.

8. В ржаном хлебе образуется муравьиная кислота, которая повышает стойкость его при хранении.

9. Потемнение мякиша ржаного хлеба из обойной муки при выпечке объясняется действием фермента тирозиназы.

10. При более длительной выпечке ржаного хлеба происходит ряд физико-химических изменений, отражающихся на вкусе и аромате хлеба.

ГЛАВА VII  
ГОТОВЫЙ ХЛЕБ

Ржаной хлеб выпускают следующего ассортимента: из обойной ржаной муки — ржаной простой формовой и подовый, заварной формовой, московский штучный в специальной упаковке, заварной любительский, поступающий в продажу в виде ломтиков, завернутых в целлофан; из обдирной муки — формовой и подовый; из сеяной — пеклеванный и витебский. Много сортов хлеба выпекают из смеси ржаной и пшеничной муки — украинский (ржаная обдирная и пшеничная обойная), бородинский (ржаная обойная и пшеничная II сорта), минский и рижский (ржаная сеяная и пшеничная I сорта) и др.

В табл. 98 приведен химический состав и калорийность ржаного хлеба из обойной муки в % по работе Л. Я. Ауэрмана, В. Ф. Пашовкина, Е. В. Беликовой, Н. И. Зайцевой и О. Н. Пушкинской [18].

Таблица 98

Показатели	Формовой хлеб		Подовый хлеб		Заварной хлеб	
	на воздушно-сухое вещество	на с. в.	на воздушно-сухое вещество	на с. в.	на воздушно-сухое вещество	на с. в.
Влажность целого хлеба в %	45,45	—	43,12	—	42,93	—
Жиры в %	1,14	2,10	1,33	2,33	1,35	2,37
Общий азот в %	0,95	1,75	1,00	1,75	1,00	1,76
Белки в %	5,92	10,89	6,24	10,97	6,28	11,00
Редуцирующие сахара в %	0,85	1,56	0,70	1,23	2,73	4,79
Сахара после 5-минутного гидролиза в %	1,85	3,41	2,13	3,75	3,79	6,64
Клетчатка в %	0,95	1,75	1,02	1,79	1,05	1,84
Зольность, определяемая по расчету, в %	2,02	3,72	1,97	3,46	2,25	3,95
Крахмал, определяемый по разности	41,62	76,57	43,49	76,47	39,62	69,41

Продолжение

Показатели	Формовой хлеб		Подовый хлеб		Заварной хлеб	
	на воздушно-сухое вещество	на с. в.	на воздушно-сухое вещество	на с. в.	на воздушно-сухое вещество	на с. в.
Минеральные элементы в %:						
кальций	0,0265	0,0487	0,0274	0,0482	0,028	0,049
фосфор	0,189	0,347	0,202	0,356	0,208	0,364
железо	0,00156	0,00287	0,00169	0,00295	0,00183	0,0032
Витамины в мг на 100 г:						
B <sub>1</sub>	0,279	0,512	0,281	0,494	0,261	0,457
B <sub>2</sub>	0,062	0,113	0,059	0,104	0,077	0,135
PP	0,81	1,48	0,40	0,70	0,60	1,05
Физиологическая калорийность на воздушно-сухое вещество хлеба в ккал/кг	1945,7	—	2046,9	—	2042,6	—
Физиологическая калорийность в ккал/кг с. в.	—	3579,9	—	3597,9	—	3579,3
Калорийность при сжигании в бомбе в ккал/кг с. в.	—	4345,6	—	4397,0	—	4340,1
Калорийность по данным химического состава с учетом полной его усвояемости в ккал/кг с. в.	—	4228,6	—	4259,3	—	4235,4

В настоящее время большое значение в питании придают кобальту. По данным А. С. Скоропостижной [225], содержание кобальта в муке и хлебе следующее (табл. 99).

Таблица 99

Продукт	Содержание кобальта в %	Продукт	Содержание кобальта в %
Мука		Хлеб	
ржаная обойная	3,8—4,1	ржаной подовый из обойной муки	3,46—3,98
пшеничная I сорта	3,77—4,12	украинский подовый пшеничный из муки II сорта	3,66—4,11
Хлеб			3,86—4,12
ржаной формовой из обойной муки	3,72—4,12	Городские батоны из муки высшего сорта	3,3—3,84

## ДЕФЕКТЫ РЖАНОГО ХЛЕБА

Основным дефектом ржаного хлеба является закал. Это уплотненная неэластичная полоса мякиша у нижней или боковой корки.

Многие исследователи — Л. Я. Ауэрман [11], М. П. Нейман [152], Б. Г. Сарычев [214], А. Форнет [249], Нейман—Пельсенке [296], Шулеруд [314] утверждали, что закал имеет повышенную влажность. Н. Ш. Збарский [62] установил, что влажность закала и других частей мякиша одинакова.

Имеются различные мнения о причинах, вызывающих закал в ржаном хлебе. А. Я. Пумпянский и Н. Ш. Збарский [195] считают, что закал образуется не при выпечке, а после выхода хлеба из печи под влиянием собственного веса или под влиянием внешней силы (смятие хлеба). Закал образуется в первые 5 минут после выпечки. Закал может образоваться при неправильной выборке хлеба из печи, при плохой транспортировке и укладке горячего хлеба. Авторы указывают, что независимо от качества муки и хлеба при нажиме на нижнюю корку хлеба (сразу после выемки хлеба из печи) в течение одной минуты силой  $434 \text{ г/см}^2$  всегда образуется закал.

Образованию закала способствуют мука с повышенной амилитической активностью; излишняя влажность теста и мякиша хлеба; недостаточное, излишнее брожение; недостаточный и неравномерный нагрев печи; недостаточное время выпечки; удары, сминающие хлеб при выемке его из печи, при укладке и транспортировке; остывание горячего хлеба на холодной поверхности; (закал в этом случае образуется у корки, обращенной к холодной поверхности).

Другой дефект ржаного хлеба — липкость мякиша. Как было отмечено ранее, ржаная мука отличается от пшеничной наличием активной  $\alpha$ -амилазы;  $\alpha$ -амилаза инактивируется при выпечке при более высокой температуре, чем  $\beta$ -амилаза, поэтому в ржаном хлебе в период между инактивацией этих двух ферментов происходит накопление декстринов. Н. И. Гогоберидзе отмечает наличие кислотного гидролиза крахмала до образования декстринов как во время выпечки, так и при остывании хлеба. Наличие большого количества декстринов и делает ржаной хлеб более липким.

## РЖАНОЕ ХЛЕБ В ПИТАНИИ

Пищевую ценность ржаного хлеба изучали многие исследователи. В СССР этот вопрос освещался в монографиях Л. Я. Ауэрмана и В. Л. Кретовича [10, 89].

Пищевая ценность хлеба изучалась как на животных, так и на людях.

К. В. Мелешко [142] в своей работе приводит данные о содержании кобальта в двух сортах хлеба (в  $\gamma$  %): ржаной московский — 1,76, 3,50 и 2,75 и пшеничные сайки — 2,98 и 1,5.

По-видимому, кобальт распределен равномерно во всех частях зерна, так как выход муки не отражается на его содержании. По сравнению с другими продуктами в хлебе кобальта мало. В других пищевых продуктах кобальта содержится от 2,24 до 57,27  $\gamma$  %.

Б. А. Николаев и Р. Г. Евстафьева на приборе ВНИИХП-2 для измерения общей и упругой деформации установили для ржаного и пшеничного хлеба нормы относительной упругости и сжимаемости в единицах прибора (табл. 100).

Таблица 100

Сорт хлеба	Относительная упругость мякиша через		Сжимаемость мякиша через	
	1 час после выпечки	4 часа после выпечки не менее	1 час после выпечки	4 часа после выпечки
Ржаной формовой из обойной муки . . . . .	44,5	51,0	4,5—7,0	3,5—6,0
Ржаной подовый из обдирной муки . . . . .	49,0	59,0	4,5—7,0	3,5—5,0
Пшеничный подовый из обойной муки . . . . .	42,0	45,5	4,0—6,5	3,0—5,5
Пшеничный из муки II сорта . . . . .	47,0	59,0	6,0—9,5	4,5—7,5

## ЧЕРСТВЕННИЕ ХЛЕБА

Черствение ржаного хлеба происходит медленнее, чем пшеничного. Р. Г. Рахманкулова [19, 202, 203] отмечает, что по рентгеноструктурному исследованию хлеб из ржаной сеяной муки черствел медленнее, чем хлеб из пшеничной муки I сорта. На черствение ржаного хлеба больше влияет способ приготовления теста, чем свойства муки.

Различные добавки замедляют черствение ржаного хлеба (по данным Б. Л. Славиной):

1) заварка (15% муки и 5% мальтозной патоки) замедляет черствение хлеба по сравнению с контрольным на 5 суток. Хлеб имел кисло-сладкий вкус и аромат, которые сохранялись при хранении в течение 10 суток;

2) заварка (15—20% муки) — замедляет черствение на 4 суток. Вкус и аромат сохраняются в течение 6 суток;

3) растительное масло (подсолнечное 3—4%) задерживает черствение на 36—48 час.

Усушка ржаного хлеба меньше, чем пшеничного. Большая работа по усушке хлеба была проведена Б. А. Николаевым [156].

Были проведены работы, в которых сравнивалась пищевая ценность ржаного и пшеничного хлеба и хлеба из муки разных выходов.

При рассмотрении данных опытов следует учитывать следующие замечания. Человек лучше усваивает тот хлеб, к которому он привык. Имеет также значение, какой хлеб дается первым, какой вторым, так как при большом увеличении хлеба в диете в конце опыта к нему может появиться отвращение.

На усвоение хлеба влияет способ приготовления хлеба и его качество.

Исследования влияния выхода муки на усвояемость ржаного и пшеничного хлеба проводили Д. И. Ромашев и другие [207]. Клинические наблюдения при питании людей этими же видами хлеба проводили М. И. Певзнер, В. З. Кудашевич и Г. Л. Левин [165]. Результаты исследований приведены в табл. 101.

Таблица 101

Выход муки	Помол и способ приготовления	Усвояемость в %			
		с. в.	белка	углеводов	зола
Ржаной хлеб					
97,5	Обычный помол	87,08	61,71	95,17	76,66
96	То же	88,96	73,60	93,12	72,05
96	Мелкий помол	88,80	74,39	94,46	78,79
93	Обычный помол	87,64	72,46	93,56	70,43
Пшеничный хлеб					
96	На дрожжах	91,6	85,50	96,02	74,35
96	На закваске	89,51	84,71	93,79	73,55
85	На дрожжах	94,47	88,21	97,57	82,38
75	На дрожжах	95,37	91,74	98,19	84,28

Нейман [152] приводит данные о полноте использования человеческим организмом с. в. и белков разных сортов ржаного и пшеничного хлеба и подчеркивает противоречивость в результатах опытов различных исследователей по вопросу, какой хлеб лучше усваивается человеческим организмом — ржаной или пшеничный.

Нейман считает, что усвояемость ржаного хлеба немного ниже, чем пшеничного (при одном и том же выходе муки). Данные Неймана приведены в табл. 102.

По-разному усваивается организмом простой столовый хлеб и ржаной заварной хлеб.

Таблица 102

Хлеб из муки выхода	Усвояемость в % хлеба			
	ржаного		пшеничного	
	с. в.	белок	с. в.	белок
0—70	92,8	74,1	95,6	97,1
0—85	87,5	68,8	89,6	82,2
0—94	84,0	61,3	86,8	75,0
0—100	82,9	59,5	85,4	74,4

Разные сорта хлеба имеют следующие коэффициенты усвояемости (табл. 103).

Таблица 103

Мука	Вид продукта	Коэффициент усвояемости		
		жиров	белков	углеводов
Ржаная				
обойная	Хлеб	0,87	0,70	0,92
	Сухари	0,87	0,70	0,92
обдирная	Хлеб	0,90	0,75	0,95
	пеклеванная	0,90	0,80	0,95
Пшеничная				
обойная	Хлеб	0,87	0,80	0,95
	II сорта	0,90	0,82	0,95
I сорта	высшего сорта	0,90	0,85	0,98
	·	0,90	0,85	0,98

Из этой таблицы видно, что сравнительно плохо усваиваются белки и особенно белки ржаного хлеба из обойной муки.

#### РОЛЬ ФИТАЗЫ В ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ РЖАНОГО ХЛЕБА

В связи с тем, что фитиновая кислота в кишечном тракте, соединяясь с ионами кальция, образует нерастворимые соли, кальций не усваивается организмом человека. Фермент фитаза, которым богата ржаная мука больших выходов, разлагает фитиновую кислоту.

Р. Р. Токарева и Р. Дымшиц [242] установили, что как при отлежке, так и при тестоведении и даже в начале выпечки фита-



за ржаной муки сохраняется полностью и активно действует (разлагается до 80% фитиновой кислоты). В муке и тесте содержится следующее количество фитиновой кислоты (табл. 104).

Таблица 104

Выпечка	Мука				Хлеб				Расщепление фитина муки в %
	влажность в %	общее количество $P_2O_5$ на с. в. в %	$P_2O_5$ фитиновой кислоты на с. в. в %	$P_2O_5$ фитиновой кислоты к общему количеству $P_2O_5$ в %	влажность в %	общее количество $P_2O_5$ на с. в. в %	$P_2O_5$ фитиновой кислоты на с. в. в %	$P_2O_5$ фитиновой кислоты к общему количеству $P_2O_5$ в %	
Лабораторная	12,2	0,79	0,46	58,0	53,8	0,84	0,15	17,8	68
	12,2	0,82	0,51	62,4	53,2	0,94	0,14	14,3	74
Производственная	11,1	0,81	0,51	62,6	52,1	0,85	0,13	16,4	74
	12,2	0,80	0,56	70,2	53,8	1,39*	0,19	13,7	66
	12,0	0,82	0,53	65,1	52,9	0,85	1,14	16,0	74
	9,9	0,80	0,47	59,0	55,7	0,85	0,09	11,4	80

\* Примесь 5% соевой муки.

### АРОМАТ И ВКУС РЖАНОГО ХЛЕБА

Аромат хлеба зависит от многих факторов. Этому вопросу посвящен ряд работ советских и зарубежных исследователей (М. И. Княгиничев и П. М. Плотников [73], В. Л. Кретович и Р. Р. Токарева [97, 99], И. С. Скалон [224], Древе [279], Штефан [320], Томас и Роте [325]). Запах печеного хлеба — это букет, состав которого полностью еще не изучен. Разные сорта хлеба значительно отличаются по своему запаху.

Запах хлеба зависит от выхода муки, рецептуры, способа приготовления теста и выпечки. Запах корки отличается от запаха мякиша.

При брожении теста образуются летучие вещества, влияющие на аромат хлеба, — летучие кислоты (в первую очередь уксусная), этиловый спирт, изоспирты, сложные эфиры, диацетил, ацетилметилкарбинол и другие. При выпечке при взаимодействии сахаров с аминокислотами, кроме меланоидинов, образуются альдегиды (фурфурол или оксиметилфурфурол, ацетальдегид, изовалериановый альдегид, метилглиоксаль и др.).

В. Л. Кретович и Р. Р. Токарева [96] определили количество ароматических веществ в ржаном и пшеничном хлебе из муки разных выходов (табл. 105).

Таблица 105

Сорт хлеба	Содержание ароматических веществ в ржаном и пшеничном хлебе			
	ацетальдегид в мг на 100 г с. в.	фурфурол в мг на 100 г с. в.	уксусно-этиловый эфир в мг на 100 г с. в.	летучие кислоты в мг 0,1 N NaOH на 10 г с. в.
Ржаной из муки выхода	68%	4,43	0,26	45,8
" " " "	99%	9,50	0,78	71,1
Пшеничный " "	30%	3,64	Нет	44,8
" " " "	72%	4,00	Следы	45,0
Пшеничный из муки выхода	85%	4,60	Следы	48,6
" " " "	99%	8,10	0,17	48,2

По данным таблицы, можно сделать вывод, что хлеб из муки больших выходов более ароматичен.

Р. И. Гринберг установила, что на накопление ацетонна в мякише хлеба отрицательно влияет повышение температуры брожения опары и теста.

Из приведенных данных видно, что альдегиды играют большую роль в аромате хлеба.

Томас и Роте [325] отмечают зависимость между количеством альдегидов и интенсивностью аромата хлеба, определяемую органолептически. Они указывают, что сильный аромат и больше альдегидов имеет ржаной хлеб из муки большого выхода. В корке больше альдегидов, чем в мякише, поэтому она ароматнее.

П. М. Плотников [168] отмечает, что в противоположность пшеничному хлебу в лучшем по вкусу и аромату ржаном хлебе отсутствуют ацетилметилкарбинол и диацетил. Как правило, при повышении количества диацетила + ацетилметилкарбинола понижается содержание в ржаном хлебе летучих кислот и ухудшается вкус хлеба. Вкус ржаного хлеба также зависит от наличия в нем яблочной, лимонной, янтарной и винной кислот.

Роч [305] установил, что в ржаном и ржано-пшеничном хлебе на закваске преобладали уксусная кислота и фурфурол. Количество фурфуrolа возрастало с увеличением закваски, времени выпечки и процента ржаной муки. В тесте, приготовленном на дрожжах, уксусной кислоты и фурфуrolа не было. Фурфурол образуется только при выпечке в корке при действии кислот и ферментов на пентозаны слизевых веществ ржаной муки.

По М. И. Княгиничеву [71, 73, 75], аромат ржаного хлеба зависит от наличия летучих кислот (в основном уксусной) и веществ, образующихся при брожении в процессе декарбонирования.

вания пировиноградной кислоты, кроме того, аромат хлеба усиливается во время выпечки в результате взаимодействия аминокислот и сахаров.

В. Л. Кретович и Р. Р. Токарева [98, 99] в своих работах указывают, что содержание уксусно-этилового эфира и фурфурола в ржаном хлебе из сеяной муки (выход 68%) в 2—3 раза меньше, чем в ржаном хлебе из обойной муки (выход 99%).

Вкус и аромат хлеба зависят от продолжительности и температуры выпечки.

В ржаном тесте (как уже указывалось выше) и хлебе лимонной кислоты больше, чем в пшеничном. М. И. Княгиничев и др. [74] показали, что содержание суммы винной и лимонной кислот в начале брожения больше, чем в конце брожения и чем в хлебе.

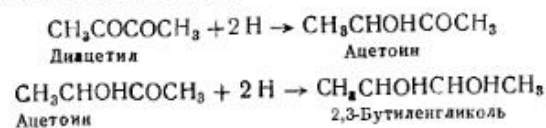
По работе М. Р. Гибшман [34], ароматические вещества (диацетил) при молочнокислом брожении образуются в результате сбраживания лимонной кислоты стрептококками.

В. М. Богданов и А. К. Максимова, изучавшие физиологию ароматообразующих бактерий и их роль в маслоделии, к группе ароматизирующих бактерий относят виды: *Str. citrovorus*, *Str. paracitrovorus* и *Str. diacetylactis*.

Наибольшее практическое значение имеют штаммы *Str. diacetylactis*, обладающие достаточной энергией кислотообразования и образующие диацетил. Авторы считают оптимальной величиной рН для образования диацетила 4,3—4,8, оптимальной температурой — 25—26°.

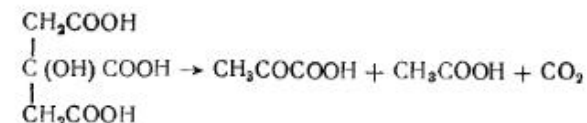
И. Л. Работнова [196] показала, что молочнокислые бактерии, не обладающие ароматизирующей способностью, снижают гН<sub>2</sub> до 4—5, тогда как ароматизирующий вид *Str. diacetylactis* никогда не снижает гН<sub>2</sub> ниже 7.

А. К. Максимова [134] установила, что образование и сохранение диацетила при брожении теста зависит от окислительно-восстановительного потенциала среды гН<sub>2</sub>. Микроорганизмы по-разному изменяют потенциал среды. Из стрептококков лучше образуют диацетил культуры со слабой редуцирующей способностью *Str. diacetylactis* (штаммы 13 и 8, слаборедуцирующие), создающий в среде более высокий потенциал (гН<sub>2</sub> равен 6), *Str. lactis* и *Str. cremorus* (дающие в среде гН<sub>2</sub> между 4,5 и 5); другие культуры, как *Str. citrovorus*, *Str. paracitrovorus* и *Str. diacetylactis* (сильноредуцирующий) переводят почти весь диацетил в ацетон и бутиленгликоль. Восстановление диацетила и ацетона происходит по реакции



Автор считает, что ацетон и бутиленгликоль — вещества без аромата.

По Виртанену, разложение лимонной кислоты происходит по схеме



При кислой реакции уксусный альдегид превращается в диацетил или ацетон.

По опытам Гибшман [34], пировиноградная кислота является источником образования ароматических веществ. При добавлении пировиноградной кислоты к культурам различных молочнокислых стрептококков образуется много ацетона и диацетила.

И. С. Скалон [224] нашел, что лимонную кислоту используют также бактерии *Pseudomonas cephalogena* vini.

Тейфель, Полудек-Фабини [323] нашли лимонную кислоту в дрожжах, применяемых для приготовления хлеба. Они также отметили, что при брожении снижается количество лимонной кислоты.

Тейфель и Бенке [324] в тесте при брожении на дрожжах получили постоянное количество лимонной кислоты, при брожении же на закваске происходило снижение ее и изменение количества лимонной кислоты примерно было обратно пропорционально числу бактерий.

В образовании аромата ржаного хлеба значительную роль играют продукты сбраживания лимонной кислоты.

Для подтверждения высказанного автором книги предположения, что на аромат ржаного хлеба влияет сбраживание лимонной кислоты стрептококками, были поставлены опыты по выпечке хлеба из ржаной обойной муки с добавлением лимонной кислоты и без нее. Добавляли 50 мг кристаллической лимонной кислоты на 100 г теста (в опару). Одновременно готовили хлеб без лимонной кислоты. По физико-химическим показателям эти два образца мало отличались один от другого. При закрытой дегустации (5 человек) было отмечено, что хлеб с лимонной кислотой обладал более приятным ароматом.

Н. И. Гогоберидзе, Л. Я. Ауэрман, В. В. Щербатенко [42] отмечают значительное усиление аромата ржаного хлеба при увеличении продолжительности выпечки. Авторы предполагают, что это происходит за счет перемещения спирта под влиянием термодиффузии из периферических слоев теста-хлеба к центру. К. Н. Чижова установила наличие 0,4% спирта в центре и 0,3% в периферийных слоях.

Форнет [283] считает, что на вкус и аромат хлеба положительно влияет масляная кислота, присутствующая в тесте, приготовленном на закваске.

На аромат хлеба влияют и дрожжи. Как уже отмечалось, что из ржаного теста выделены специальные ароматообразующие дрожжи *Willia*.

## КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. Добавление пшеничной муки при выпечке ржаного хлеба повышает пористость, снижает влажность и кислотность мякни-ша хлеба.

2. Ржаной хлеб благодаря большей своей кислотности черствеет медленнее пшеничного.

3. В ржаном хлебе как при выпечке, так и при остывании происходит кислотный гидролиз крахмала до декстринов.

4. Фермент фитаза в начале выпечки лучше сохраняется в ржаном тесте, чем в пшеничном.

5. Ржаной хлеб более ароматичен, чем пшеничный. Он содержит больше летучих кислот. В ржаном хлебе содержится фурфурол, которого нет в пшеничном.

В образовании аромата ржаного хлеба большую роль играет содержащаяся в тесте лимонная кислота.

На аромат ржаного хлеба влияет способ его приготовления на закваске.

## ГЛАВА VIII

### ПРОДУКТЫ ИЗ РЖАНОЙ МУКИ И РЖИ

Рожь и ржаную муку применяют в основном для выпечки хлеба, производства ржаных и ржано-пшеничных сухарей, красного ржаного солода, а также для получения сухих заквасок и некоторых других продуктов.

#### РЖАНЫЕ И РЖАНО-ПШЕНИЧНЫЕ СУХАРИ

Сухари — это хлебные консервы. При хранении качество сухарей почти не изменяется. По-видимому, сухари черствеют медленнее, так как, по данным А. В. Думанского [51], коллоиды в сухом состоянии не стареют. Автор данной книги считает, что по вкусу можно различить сухари, приготовленные из свежего и черствого хлеба.

Процессу сушки сухарей посвящено много работ (Л. Я. Ауэрман [9], Л. Я. Ауэрман [17], А. В. Думанский [51], А. В. Думанский и З. М. Якушева [52], А. В. Лыков [124], А. В. Лыков и Л. Я. Ауэрман [125, 126], А. В. Лыков, Л. Я. Ауэрман и А. С. Гинзбург [127], А. Г. Кульман [107], И. Н. Маслов [136]).

Процесс приготовления сухарей состоит из следующих фаз: приготовления хлеба, выдержки хлеба, резки хлеба, сушки хлеба на сухари.

Ржаной хлеб для изготовления сухарей должен быть хорошо пропеченным, разрыхленным, влажностью 44—46%. Хлеб должен иметь равномерную пористость (не менее 48%).

Для получения сухаря определенной величины необходимо, чтобы форма хлеба, из которого готовят сухари, соответствовала требуемым линейным размерам сухаря.

При сушке хлеба, кроме влаги, удаляется часть летучих кислот. Кислотность сухарей немного ниже кислотности хлеба в пересчете на с. в. (табл. 106).

Колебания кислотности зависят, по-видимому, от состава кислот, связи их с коллоидами теста и режима сушки.

Лучшим вкусом обладает ржаной сухарь кислотностью до 21° и ржано-пшеничный — до 20°.

Применяемые в настоящее время машины и режим резки хлеба требуют выдержки хлеба примерно в течение 24 час. после выпечки. Это затрудняет механизацию приготовления сухарей и ухудшает их вкусовые качества.

Таблица 106

Сорт хлеба и способ его приготовления	Режим сушки		Кислотность в ° в пересчете на с. в.		Снижение кислотности	
	температура в °	продолжительность в час.	хлеба	сухаря	в °	в % к кислотности хлеба
Ржаной из обойной муки, приготовленный головочным способом . . . . .	80	10	20,9	18,9	2,9	13,8
	120	7	20,9	16,9	4,0	19,1
	80	10	20,4	18,4	2,0	9,8
	120	7	20,4	17,4	3,0	14,7
	80	10	22,1	20,4	1,7	7,7
	100	7	22,1	19,5	2,6	11,8
	80	10	22,6	18,5	4,1	18,1
	120	7	23,1	18,4	4,7	20,3
	120	7	27,1	21,3	5,7	21,1
	100	7	25,9	20,9	5,0	19,3
Пшеничный из обойной муки, приготовленный на ржаной головке, с предварительной подсушкой при 260° в течение 10 мин. . . . .	100	7	27,9	24,6	3,4	12,1
	105	6	26,8	22,8	4,0	15,0
	60	8	24,2	21,8	2,4	10,0
	60	8	22,0	19,5	2,5	11,3
	60	8	21,6	19,5	2,1	10,0

В табл. 107 приведены данные С. С. Уразовского [245], показывающие изменение коллоидных свойств хлеба при хранении.

Таблица 107

Сорт хлеба	Продолжительность хранения хлеба в сутках	Набухаемость в %	Способность связывать воду в %	Водорастворимые вещества, переходящие в раствор в %
Ржаной из обойной муки	Свежий	37,5	8,4	13,54
	1	34,0	8,3	13,24
	3	31,0	7,54	11,27
	5	30,0	7,65	9,95
	Пшеничный из обойной муки	Свежий	36,0	6,65
	1	35,0	6,58	14,7
	3	32,5	6,13	13,6
	5	30,5	4,95	10,9

После длительного хранения хлеба при его резке увеличивается количество отходов (крошек).

Поэтому хлеб надо резать сразу же после выпечки. Чтобы хлеб не заминался, для резки применяют циркуляционный (круглый) нож (ускоряют его вращение и замедляют подачу хлеба вперед). Рекомендуется резать ржаной формовой хлеб на ломти толщиной 20—25 мм (оптимальная толщина 28 мм).

Хлеб является капиллярно-пористым коллоидным телом. В нем имеется адсорбционно связанная (около 20%) капиллярная и осмотически связанная вода.

При сушке прежде всего удаляется свободная влага. Осмотически связанная влага прочнее удерживается в хлебе. Адсорбционная влага удаляется очень трудно, так как она прочно связана с хлебом. А. Г. Кульман считает, что при сушке сухарей до стандартной влажности в них остается вся адсорбционно связанная влага и часть осмотической.

При сушке ломтей хлеба теплопередача осуществляется несколькими способами:

- 1) кондукцией (прямая передача тепла ломтю хлеба от нагретого тела);
- 2) конвекцией (передача тепла ломтю хлеба от нагретого воздуха и газа). Это наиболее распространенный способ, осуществляемый в печах и различных сушилках;
- 3) термоизлучением (тепло передается от теплоносителя в виде лучистой энергии). Сюда относится сушка хлеба инфракрасными лучами;
- 4) токами высокой частоты (тепло возникает внутри сушимого предмета от сопротивления прохождению лучей). Для осуществления этого способа сконструированы специальные производственные установки [269];

5) сублимацией (удаление влаги в специальном аппарате при высоком вакууме, при температуре ниже 0). Широко применяется для сушки различных материалов, фруктов, овощей и пр. Проводятся опыты по сушке сухарей по этому методу.

Зависимость скорости сушки ломтя от влажности хлеба изображена на рис. 33 (по Лыкову).

При сушке ломтя конвекцией скорость сушки зависит от температуры, относительной влажности и скорости движения сушильного воздуха в камере.

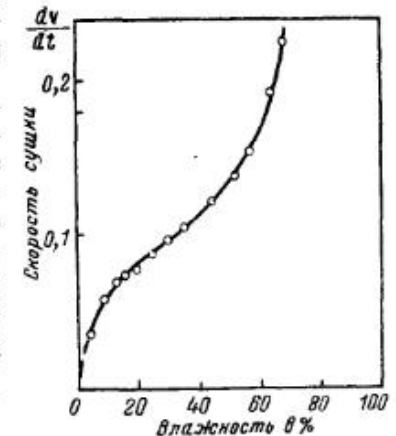


Рис. 33. Кривая скорости сушки ломтя хлеба толщиной 20 мм ( $t_c = 60^\circ$ ;  $\varphi = 4\%$ ;  $v = 0,2$  м/сек).

Влияние температуры воздуха сушильной камеры на скорость сушки хлеба изучали А. В. Думанский и З. М. Якушева [52]; Л. Я. Ауэрман и др. [9, 17] и И. Н. Маслов [136]. Чем выше температура сушки, тем меньше время сушки, но при температуре выше 120° сухари сильно поджариваются и приобретают горьковатый вкус. И. Н. Маслов рекомендует сушить ржаные сухари при температуре 100—120° или предварительно их обжаривать при температуре 150—160° в течение короткого времени и затем досушивать при 60—70°.

Увеличение скорости прохождения сушильного воздуха ускоряет сушку только при высокой температуре (120°)

Л. Я. Ауэрман [10] рекомендует сушить сухари из ржаного теста до влажности 10% при следующих условиях:

Температура в°	Относительная влажность сушильного воздуха в %	Скорость воздуха в м/сек	Общее время сушки в час.
Начальная 70—80 . . .	25—35	3,5	—
Конечная 120—130 . . .	5—10	3,5	7—8

При сушке хлеба необходимо учитывать сохраняемость витамина В<sub>1</sub>. Потеря витамина происходит за счет образования меланоидинов в результате реакции между аминной группой витамина В<sub>1</sub> и альдегидной группой сахаров. В. Н. Букин и А. А. Кондрашова [29] установили, что при сушке ржаного хлеба в зависимости от температуры и длительности сушки потери витамина В<sub>1</sub> составляют 17—70%. Рекомендуется для сохранения витамина В<sub>1</sub> оптимальная температура сушки от 80 до 100°.

При сушке ломтя хлеба уменьшаются его объем и вес.

Высушенные сухари охлаждают. Готовые сухари из обойной муки должны иметь окраску от светло-желтой до темно-коричневой; в них не должно быть сквозных трещин. Трещины в сухарях появляются, когда внутренняя диффузия влаги отстаёт от внешней диффузии.

Упаковывают и хранят ржаные сухари в крафтмешках. При хранении гигроскопичность сухарей ( $w_p$ ) (следовательно и вес) увеличивается или уменьшается в зависимости от относительной влажности окружающего воздуха ( $\varphi$ ). Эта зависимость по ржаным сухарям приведена ниже.

$\varphi$	$w_p$	$\varphi$	$w_p$
100	25	55	9,0
85	16,0	45	8,0
75	13,5	35	6,5
65	11,0	—	—

Интересная работа была проведена во МТИППе под руководством Л. Я. Ауэрмана по изготовлению ржаных сухарей из хлеба, выпеченного электроконтактным способом [163]. Хлеб

электроконтактной выпечки не имеет наружных корок, что способствует более быстрой и равномерной сушке ржаных сухарей.

Автор данной книги ржаной хлеб выпекал электроконтактным способом при напряжении 120 в, при этом хлеб имел лучшую пористость, более равномерно распределенную влажность, чем при обычной выпечке.

При сушке хлеба, выпеченного электроконтактным способом, коэффициент сушки был выше на 0,14—0,24, намокаемость сухарей при температуре воды 6—8° ускорялась на 10—15%, прочность на излом была выше примерно на 20%, усадка ломтей хлеба при сушке была меньше на 30% по сравнению с хлебом, выпеченным обычным способом.

### КРАСНЫЙ РЖАНОГО СОЛОД

При производстве некоторых сортов как ржаного, так и пшеничного хлеба (чайный, карельский) добавляют красный ржаной солод, который придает особый вкус и запах хлебу.

Производство красного ржаного солода включает подготовку зерна, замачивание, проращивание, томление, сушку, размол и хранение.

Зерно для производства солода должно иметь не менее 90% всхожести.

Проращивают рожь в течение 5—6 дней (в барабанах — 3—4 дня).

Особой стадией при приготовлении ржаного красного солода является процесс томления, или ферментации. Целью этого процесса является дальнейшее накопление в зерне аминокислот и сахаров, обуславливающих специфический вкус, аромат и цвет красного ржаного солода.

При немеханизированном производстве солода ферментация зерна протекает в кучах, называемых грузом. Груз имеет форму призмы с округлой вершиной или огородной грядки высотой 70—90 см.

Томление солода длится около 4 суток (при применении барабанов — 4—5 суток). В течение первых 72 час. зерно оставляют в покое и в его толще происходят биохимические изменения. Уже через двое суток в грузе зерна наблюдается четыре слоя:

- 1) верхний плесневелый толщиной до 15 см;
- 2) решающий с буро-красным цветом зерна и очень приятным хлебным запахом, толщиной до 25 см;
- 3) промежуточный толщиной 35 см;
- 4) нижний толщиной 15—20 см.

Биохимические изменения, обуславливающие качество ржаного солода, происходят во втором и частично в третьем слое груза. Температура в верхнем слое достигает 50°, во втором — 60°. Для понижения температуры во втором слое через 56 час. после укладки (свалки) груза разрыхляют верхний слой.

Через 72 час. после укладки солода груз «перебирают», чтобы верхний и нижний слои его поменялись местами со вторым слоем. Спустя 24 час. солод поступает на сушку.

При сушке красного ржаного солода необходимо соблюдать следующие условия:

- 1) сушить солод до влажности 8—10%;
- 2) производить сушку с таким расчетом, чтобы начальная температура слоя солода 45° поднималась постепенно и через 12 час. была около 70°; при этих условиях общая продолжительность сушки составляет 20—22 час;
- 3) нагревать солод рекомендуется постепенно, чтобы изменение цвета и появление аромата происходило при влажности не ниже 20—30%.

Чем выше поднимается температура и чем она медленнее нарастает при сушке зерна, тем темнее и ароматнее получается солод.

Биохимические изменения, происходящие при томлении солода, по данным В. Л. Кретовича, Р. Р. Токаревой и др [97, 98, 103], приведены в табл. 108.

Из данных таблицы видно резкое падение активности  $\alpha$  и  $\beta$ -амилазы в решающем слое. Это подтверждается и другими работами [57]. Авторы делают заключение, что в решающем слое происходит наиболее интенсивное взаимодействие аминного азота с сахарами (меланоидинообразование). Одновременно в решающем слое идет интенсивное образование ароматических веществ.

При сушке солода в зависимости от влажности его и температуры продолжается дальнейшая инактивация ферментов; чем медленней удаляется влага при достаточно высокой температуре, тем больше инактивируются ферменты.

А. Ф. Федоров [248] отмечает, что на инактивацию амилазы и протеолитических ферментов, кроме вышеперечисленных факторов, влияют продолжительность сушки и степень активности их в зеленом солоде.

При сушке происходит коагуляция белков, снижается количество непосредственно восстанавливающих сахаров и продолжается образование красящих и ароматических веществ.

Аромат красного ржаного солода зависит от альдегидов ароматических погнонов, нелетучей ароматической фракции (оксиметилфурфуrolа) и летучих органических кислот (муравьиной и уксусной).

В открытой посуде солод теряет свой аромат вследствие окисления альдегидов и ароматических погнонов, а также вследствие их летучести. Медовый запах солода зависит от оксиметилфурфуrolа. Основной летучей органической кислотой в красном солоде является уксусная кислота, количество муравьиной кислоты колеблется от 25 до 30%.

Таблица 108

Показатели	8 мая исходное зерно	14 мая зеленый солод	17 мая решающий слой	18 мая груз
Влажность в % . . . . .	14,0	35,4	35,5	38,4
Осахаривающая способность по Виидишу . . . . .	298	397	21	122
Активность $\beta$ -амилазы в мг мальтозы . . . . .	592	722	10	193
Активность $\alpha$ -амилазы в мг мальтозы . . . . .	Следы	114	0,9	39
Сахара в %				
непосредственно восстанавливающие . . . . .	0,67	4,0	15,9	18,1
после 5 минут гидролиза . . . . .	5,1	6,7	3,2	3,0
после 3 часов гидролиза . . . . .	2,3	9,4	11,4	15,3
Летучие кислоты в % . . . . .	—	3,1	6,6 и 4,2	6,6 и 5,3
Редуцирующая способность по Тунбергу				
без глутаминовой кислоты . . . . .	1,14	2,0	3,84	3,70
с глутаминовой кислотой . . . . .	2,0	3,6	3,84	3,70
Водорастворимый азот в % к общему азоту				
без автолиза . . . . .	6,96	10,52	26,34	28,88
с автолизом . . . . .	8,57	19,05	27,30	34,42
Ферментативная атакуемость белка в % к общему азоту . . . . .	1,61	8,58	0,96	5,54
Выделение CO <sub>2</sub> в мг на 100 г с. в. за 1 час . . . . .	—	78,32	21,42	15,60
Общий азот в % на с. в. . . . .	2,20	2,19	1,84	2,20
Спирт в % . . . . .	—	3,28	0,22	0,74
Азот аммиака в % к общему азоту . . . . .	—	0,017	0,036	0,062
Азот аспарагина и глутамина в % к общему азоту . . . . .	—	0,049	1,123	0,048
Азот свободных аминокислот в % к общему азоту . . . . .	—	4,83	4,17	9,94

Солод должен иметь сладковатый вкус, розовато-бурый цвет.

При добавлении солода в тесто понижается его кислотность, поэтому кислотность заварного ржаного хлеба с солодом ниже, чем кислотность обычного ржаного хлеба.

Солод является носителем бактериофага молочнокислых бактерий и стрептококков.

Иногда падение кислотности в тесте можно объяснить действием бактериофага, находящегося в солоде и муке и лизирующего бактерии.

Л. Ю. Медвинская [139] сообщает, что в сыворотке и пахте (отходы производства на маслозаводах) обнаружены бактериофаги высокого титра и широкого диапазона действия. В хлебопечении при использовании сыворотки и пахты как сырья необходимо учитывать наличие бактериофагов.

Е. В. Дрель-Гитис [50] выделил из речной воды бактериофаг молочнокислых бактерий *Lactobact. plantarum* высокого титра. Этот бактериофаг лизировал бактерии при pH 4,0—8,5, при температуре 28—37°. Бактериофаг сохранял литические свойства при 70°, инактивировался при 75°.

Н. И. Серебринова и Е. В. Сокольская [219] установили, что наилучшим материалом для выделения бактериофагов молочнокислых бактерий является зеленый солод. Носителями бактериофага являлись молочнокислые бактерии, находившиеся на зерне. Соложение зерна способствует размножению бактерий и проявлению бактериофагии.

Авторы считают температурным оптимумом для выделенных бактериофагов 20—35°. Большинство бактериофагов инактивируются при 65—70° в течение 5—10 мин. Оптимум pH для бактериофагов 5,0—5,7. Лизирующая способность сохранялась у бактериофагов к слабо кислотообразующим штаммам бактерий при pH 7,0—5,0, к сильно кислотообразующим штаммам при pH 8,0—3,7.

#### СУХИЕ РЖАНЫЕ ЗАКВАСКИ

В настоящее время налажено производство сухих дрожжей, которые обладают удовлетворительной подъемной силой и могут долго храниться.

Гораздо сложнее получить стабильную сухую закваску для ржаного теста.

В этом случае необходимо сохранить в активном состоянии дрожжи и молочнокислые бактерии. Для получения сухой закваски можно воспользоваться сухими дрожжами, причем для этой цели желательнее получить специальные дрожжи, адаптированные к повышенной кислотности. Со вторым компонентом микрофлоры закваски — молочнокислыми бактериями — дело обстоит сложнее.

В 1930 г. автор видел на выставке по хлебопечению в Киле образцы сгущенных молочнокислых бактерий, напоминающих собой по форме пачки прессованных дрожжей, завернутые в бумагу; снаружи они были сероватого цвета, как бы чем-то припудренные, в разломе — тягучие, темного цвета. В литературе несколько раз появлялись сообщения об открытии способа по-

лучения прессованных (сгущенных) молочнокислых бактерий. Так, в Австрии был выдан патент на производство препарата, напоминающего по форме прессованные дрожжи, состоящего из кислотоустойчивых дрожжей и молочнокислых бактерий, выделенных из ржаных заквасок. Но практически производство сгущенных молочнокислых бактерий до сих пор наладить не удалось. В продаже ни в одной стране их нет.

Автор совместно с М. И. Ратнер и И. А. Мельцером (во ВНИИХПе) проводил опыты по получению молочнокислых бактерий в пастообразном виде. Бактерии размножались на меласе, куда добавляли дрожжевой автолизат и солодовые ростки для улучшения азотистого питания. Результаты опытов приведены в табл. 109.

Таблица 109

Добавки	Начальное		Через 24 час.	
	количество бактерий в 1 мл мелассы в млн	кислотность в °	количество бактерий в 1 мл мелассы в млн	кислотность в °
Автолизат обычный . . . . .	16,4	4,0	676,2	7,2
Автолизат с молочной кислотой . . . . .	18,2	4,8	621,0	6,8
Автолизат, обработанный бактериями . . . . .	17,0	4,0	631,0	6,0
Ростки . . . . .	18,4	3,8	826,0	7,4
Контрольный опыт (без добавок) . . . . .	19,4	3,2	167,0	3,9

Для связывания молочной кислоты, действующей угнетающе на молочнокислые бактерии, добавляли 2,5%-ный аммиак. Кислотность поддерживали 4°. Была подобрана раса молочнокислых бактерий, наилучшая по коэффициенту размножения, по кислотонакоплению, по скорости центрифугирования (раса 13-квасная). Молочнокислые бактерии были получены в виде пастообразной тягучей массы темного цвета. На бактериальном препарате с добавлением прессованных дрожжей был приготовлен однофазным способом и выпечен ржаной хлеб. Он был хорошо разрыхлен, обладал сухим мякишем.

Стойкость сгущенных бактерий при хранении невысокая.

Для быстрого получения ржаного хлеба некоторые исследователи предлагали заменить молочнокислые бактерии готовой молочной кислотой (одной или в сочетании с уксусной). При этом предлагали пользоваться, в частности, и биологической молочной кислотой, полученной в результате жизнедеятельности молочнокислых бактерий в мучном тесте, так называемой «кис-

Влажность дрожжей в %	Подъемная сила дрожжей в мин.	Активность ферментов					
		дегидраз (обесцвечивание р-ра метиленовой сини в мин.)	катализа в мл 0,01N N <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	пероксидаза в мг пурпурогаллина	протеолитические в мл 0,01 N N <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	инвертаза в мл 0,1 N KMnO <sub>4</sub>	карбоксилаза в мл CO <sub>2</sub>
72,7	32,8	2,7	1,02	1,9	0,25	4,15	3,3
26,3	37,0	1,3	3,37	4,35	0,34	6,6	10,0
14,7	40,0	1,1	6,15	7,95	0,56	6,0	11,3
10,7	65,0	1,0	6,87	7,92	0,72	6,4	17,4
9,7	79,5	0,9	6,57	8,04	0,85	7,2	18,9
Соответственно количеству сухих дрожжей		50	7,14	50	50	50	250

лой мукой». Обычно «кислую муку» получают сушкой кислого теста. При сушке клетки молочнокислых бактерий погибают.

Влага, находящаяся внутри клеток молочнокислых бактерий, связана с коллоидами клетки разным образом. При быстром удалении влаги даже при невысокой температуре (в вакууме) клетки погибают вследствие необратимой денатурации белков, происходящей при удалении влаги, связанной с белками.

Е. А. Плевако [167] считает, что белковые вещества образуют в живой клетке вязкие гидрогели и жидкие гидрозоли, которые при уменьшении или увеличении влаги в клетке до определенного предела переходят из одного состояния в другое. При уменьшении внутриклеточной влаги выше предела гидрогели переходят в твердое необратимое состояние и приобретают зернистую или волокнистую структуру. При сушке пекарских дрожжей удаляется большая часть внутриклеточной влаги, остается только влага, связанная с коллоидами клетки.

Большое значение для хранения сушеных препаратов имеет количество остаточной влаги. Лучше сохраняются препараты микроорганизмов влажностью 8%. При меньшей влажности клетки погибают.

Вопросам сушки и хранения, микроорганизмов и биопрепаратов посвящено много работ (М. Г. Голышева и И. М. Хохлов [44, 45], С. Г. Колесов [83], А. В. Лыков [124], Л. Г. Ногкина, Т. М. Абезгауз и Е. М. Запарова [158], Е. А. Плевако [167], В. Д. Рощина [209, 210], В. М. Румянцева [213], Н. И. Проскуряков и Е. Ф. Опарышева [187], Н. Н. Титов [239], Финк [282]).

При сушке микроорганизмов происходят большие морфологические и функциональные изменения клеток. Изменяется размер клеток и ядер, а также их форма. Протоплазма клеток становится зернистой, отделяется от оболочки и ядра. У мертвых клеток отсутствуют хондриосомы. Как отмечает В. М. Румянцева [213], при высушивании средство протоплазмы к витальным красителям возрастает и неправильно считать все окрашивающиеся высушенные клетки мертвыми.

При высушивании микроорганизмов изменяется ферментативная система их. Возможно, высушенные живые клетки свободнее выделяют в окружающую среду связанные до сушки с клеточными системами ферменты. Сушка дрожжей показала, что в первую очередь частично инактивируются дегидразы, тесно связанные с целостностью клетки, а это в свою очередь приводит к усилению деятельности протеолитических ферментов, гидролизующих белки.

Н. И. Проскуряков и Е. Ф. Опарышева [187] считают, что при сушке дрожжей важно сохранить в активной форме ферменты зимазного комплекса, карбоксилазу и инвертазу. Они приводят следующие данные об изменении активности ферментов и подъемной силы дрожжей при сушке (табл. 110).

При сушке дрожжей снижается их подъемная сила, активность же ферментов увеличивается.

Лиофильная сушка дрожжей ацетоном резко повышала активность ферментов в сушеных дрожжах, но подъемной силой эти дрожжи не обладали. При сушке витамин В<sub>1</sub> полностью переходит в свободную форму.

При реактивации сушеных дрожжей [209] наиболее активно процесс восстановления идет в протоплазме; хондриосомы восстанавливаются интенсивнее, чем ядра. Фосфорный обмен восстанавливается на ранней стадии реактивации дрожжей. При освежении витамин В<sub>1</sub> полностью переходит в связанную форму. Дрожжи во время освежения не размножаются.

Многие исследователи указывают, что при сушке и хранении дрожжей и других микроорганизмов они становятся более проницаемыми для сульфгидрильных соединений.

Сульфгидрильные соединения при тестоведении влияют на окислительно-восстановительный потенциал теста. В частности, придается большое значение глутатиону, регулирующему клеточный обмен. Сульфгидрильные соединения активизируют не только протеолитические ферменты, но и другие гидролазы ( $\alpha$  и  $\beta$ -амилазы, липазу), многие окислительно-восстановительные ферменты и фосфофазы. В белковой основе ферментов SH-группы являются боковыми звеньями. Глутатион, действуя на белковую молекулу, повышает ее атакуемость.

Хорошие результаты по сушке микроорганизмов дал метод сублимации, который в настоящее время применяют для сушки стрептомицина и пенициллина. М. Г. Голышева и И. М. Хохлов [44] сушили сублимацией уксуснокислые бактерии и молочнокислые бактерии, применяемые в хлебопечении [45]. При замораживании молочнокислых бактерий, по сообщению С. Г. Коле-



сова [83], они выдерживали (не погибая) температуру до  $-182^{\circ}$  в течение 10 час.

Много работ Н. Н. Титова [239] посвящено сушке микроорганизмов и других биопрепаратов.

Если реактивацию сухих дрожжей проводить в водопроводной воде, то за час количество реактивирующих клеток невелико (В. М. Румянцева [213]). Для ускорения этого процесса добавляют к раствору сахарозу, дрожжевую воду и другие вещества.

Интересную работу по оживлению молочнокислых бактерий проделали М. Г. Голышева и И. М. Хохлов [45]. Оказалось, что даже в растворах разных сахаров (сахароза, глюкоза, мальтоза, лактоза) в течение 3 и 5 час. сухие молочнокислые бактерии не оживали, кислотность не нарастала. Сухие молочнокислые бактерии стали проявлять свою активность после 20-часового выдерживания их в термостате на ржаной заварке с добавлением молочной кислоты.

На короткий срок можно сохранить дрожжи плазмоллизом их поваренной солью. В. Д. Рощина [209, 210] предлагает консервировать прессованные дрожжи кристаллической поваренной солью. Плазмоллизированные солью дрожжи хранятся вместе с выделившейся из них жидкостью при низкой температуре ( $3-8^{\circ}$ ). Консервированные таким образом дрожжи имели бродильную способность выше, чем сушеные. При комнатной температуре консервированные солью дрожжи сохраняют бродильную способность в течение 5 месяцев, при более низкой температуре ( $3-8^{\circ}$ ) — в течение 8 месяцев.

Соль тормозит автолиз. Трехмолярный раствор NaCl для плазмоллиза дрожжей не влияет на размножение и бродильную способность их.

Финк [282] предлагает консервировать дрожжи солью  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . На 100 г прессованных дрожжей берут 62 г прокаленной безводной соли. После реактивации (после увлажнения и перевода в специальный питательный раствор) дрожжи, хранившиеся в течение 5 лет, не отличались по биологическим, ферментативным и генетическим свойствам от исходных.

Было проделано много опытов по получению сухой ржаной закваски автором данной книги.

Первые опыты по сушке ржаной закваски были проделаны в январе—феврале 1956 г. Закваску вначале готовили в лабораторных условиях по методу, разработанному кафедрой технологии пищевых продуктов МТИППа, а позднее готовую спелую закваску брали с хлебозаводов.

Закваску сушили в натуральном виде, но опыты показали, что закваску надо предварительно натереть обойной мукой. Мука для микроорганизмов закваски является естественной средой, она поглощает влагу закваски и, по-видимому, создает лучшие условия для сохранения жизнедеятельности молочнокислых бактерий в процессе сушки.

Исходная производственная закваска (головка) имела влажность от 49 до 52%. Для натирания брали 1,5—2 части обойной муки на 1 часть закваски, в результате получали закваску влажностью от 32 до 27%. Чем крепче (круче) натерта закваска, тем лучше сохраняются в ней молочнокислые бактерии.

Натертую закваску рассыпали на лист фанеры или на бумагу и в таком виде сушили. За 24 час. влажность закваски снижалась с 30 до 12%.

Кроме того, закваску сушили и на распылительной сушилке Игетро (диффузионная циркуляционная сушилка) при следующих условиях (табл. 111).

Таблица 111

Номер опыта	Показание сухого термометра в $^{\circ}$	Показание мокрого термометра в $^{\circ}$	Скорость подачи воздуха в м/сек	Толщина слоя вермишеи в см	Время сушки в час	Количество высушенных образцов
1	35	22	0,5	3	8	2
2	30	22	2	2	6	3
3	35	22	3	3	5	5

В последнем опыте были получены лучшие результаты. Сухая закваска вполне сохраняла способность к кислотонакоплению, и в то же время производительность сушилки была наибольшей.

Сухие закваски после сушки помещали в стеклянные банки емкостью 0,3 и 0,5 л и хранили при следующих условиях:

- 1) стеклянные банки оставляли открытыми;
- 2) банки герметически закрывали металлическими крышками;
- 3) банки наполняли углекислым газом и герметически закрывали металлическими крышками;
- 4) закваску предварительно размалывали, помещали в банки и банки герметически закрывали.

Прежде чем проверять кислотность закваски, определяли кислотность обойной муки, которая применялась для натирки закваски и замеса теста. При этом необходимо было определить, чем вызывается кислотность — переходом ли в тесто имеющих кислореагирующих веществ муки или на кислотность закваски влияют микроорганизмы обойной муки. Поэтому проверяли натуральную, непрогретую муку и муку, прогретую до  $70$  и до  $130^{\circ}$  (все микробы погибали).

Из обойной муки замешивали небольшой кусочек теста и в фарфоровой чашечке ставили в термостат при температуре  $30^{\circ}$ . Через каждый час определяли кислотность и тесто перемешивали. Результаты опытов приведены в табл. 112.

Таблица 112

Продолжительность опыта	Кислотность теста, замешенного из муки					
	непрогретой (2 опыта)		прогретой при 70° (2 опыта)		прогретой при 130° (2 опыта)	
	1	2	3	4	5	6
После замеса . .	2,2	3,6	2,4	3,8	3,1	4,0
Через 1 час . .	2,6	3,8	2,8	4,4	3,4	4,4
" 2 час . .	3,0	4,2	3,0	4,6	3,6	4,6
" 3 час . .	3,0	4,2	3,0	4,6	3,6	4,6
" 4 час . .	3,0	4,2	3,0	4,6	3,6	4,6
" 5 час . .	3,0	—	3,0	—	3,6	—

Во всех случаях кислотность нарастала только в течение первых двух часов, начиная с третьего часа кислотность оставалась постоянной.

На основании проведенных опытов можно считать, что 3—4° кислотности дает мука; дальнейшее нарастание кислотности объясняется деятельностью молочнокислых бактерий.

Была проверена кислотность различных образцов закваски (табл. 113).

Таблица 113

Марка сушки	Срок хранения закваски в месяцах	Кислотность после замеса в °	Изменение кислотности в ° через промежутки времени в час.				
			1	2	3	4	5
			Игетро . . . . .	1	12,0	13,0	13,2
Циркуляционная . . . . .	1	11,6	12,8	13,6	14,2	14,9	15,4
Игетро . . . . .	4	13,0	14,0	14,6	15,4	16,0	—
" . . . . .	6	13,0	12,2	15,6	16,0	16,5	—
" . . . . .	0	12,0	13,2	14,4	15,6	16,4	—
Циркуляционная . . . . .	2	12,0	13,0	14,0	15,2	16,0	16,8
" . . . . .	3	12,0	12,8	13,4	14,2	15,0	—
" . . . . .	5,5	11,8	12,8	13,6	14,3	15,2	—

М. Б. Куллетская показала, что углекислота необходима для развития бактерий: бактерии используют углекислоту, которая образуется при обмене веществ.

И. С. Скалон [221, 223] на основании своих опытов с молочнокислыми бактериями и дрожжами подтверждает, что эти микроорганизмы нуждаются для своего питания в углекислоте и

Таблица 114

Стадии технологического процесса и показатели	Пробные выпечки						
	лепешки		банки без CO <sub>2</sub>			лепешки	
	1	2	3	4	5	6	7
Освежение							
Закваска в г . . . . .	100	100	200	300	400	—	—
Вода в мл . . . . .	160	160	250	400	400	—	—
Мука в г . . . . .	10	—	—	—	—	—	—
Дрожжи в г . . . . .	5	1,5	1,5	1,5	1,5	—	—
Начальная температура в ° . . . . .	28	29	34	33	34	—	—
Время освежения в час.—мин. . . . .	1—45	1—40	1—40	2—50	2—00	—	—
Конечная кислотность в ° . . . . .	14,4	16,0	16,0	13,6	15,0	—	—
Опара							
Закваска в г . . . . .	275	260	450	700	800	400	450
Вода в мл . . . . .	90	80	50	—	50	450	525
Мука в г . . . . .	160	160	160	160	60	60	60
Дрожжи в г . . . . .	—	—	—	—	—	1,5	1,5
Начальная температура в ° . . . . .	28	28	29	30	31	34	33
Время брожения в час.—мин. . . . .	5—00	5—00	3—00	3—50	3—30	4—00	4—20
Конечная кислотность в ° . . . . .	12,0	12,0	13,0	12,0	14,2	15,0	14,6
Тесто							
Опара в г . . . . .	520	500	660	860	910	850	1035
Вода в мл . . . . .	30	50	95	75	50	50	50
Мука в г . . . . .	100	90	90	100	60	70	70
Соль в г . . . . .	5	5	8	10	10	8	10,5
Начальная температура в ° . . . . .	29	29	30	30	31	31	29
Время брожения в час.—мин. . . . .	3	3—50	2—00	2—00	1—30	1—30	1—30
Конечная кислотность в ° . . . . .	10	10	11	11	13	14	14

## Продолжение

Стадии технологического процесса и показатели	Пробные выпечки						
	лепешки		банки без CO <sub>2</sub>			лепешки	
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Хлеб</b>							
Кислотность в ° . . .	6,4	6,6	7,2	9,0	10,4	10,2	10,4
Влажность в % . . .	—	—	—	—	—	47	47,2
Пористость в % . . .	—	—	—	—	—	42	43
Эластичность мякиша	Мякиш с замином		Мякиш средней эластичности		Мякиш средней эластичности		Мякиш хорошей эластичности
Общая характеристика	Неудовлетворительного качества		Не вполне удовлетворительного качества		Удовлетворительного качества		Хорошего качества

потребляют углекислоту, полученную в результате собственного обмена.

Использование углекислоты гетеротрофными микроорганизмами при процессе синтеза и дыхания отмечают и другие исследователи (Т. В. Аристовская [5], С. А. Барина [21], В. Н. Шапошников [258], Г. Л. Селибер [217]).

Качество сухих заквасок проверяли пробными выпечками.

Для получения хлеба нормального качества была установлена необходимая пропорция в тесте сухой закваски. В табл. 114 даны результаты пробных выпечек, где было использовано разное количество сухой закваски.

Несмотря на то что тесто готовили более густой консистенции, хлеб имел эластичный мякиш и хорошую равномерную пористость.

#### ДРУГИЕ ПРОДУКТЫ ИЗ РЖИ И РЖАНОЙ МУКИ

Рожь и ржаную муку используют так же, как сырье при изготовлении некоторых продуктов: муки из зародышей (поливитаминный продукт), ржаного крахмала, набухающей муки (продукт, который применяется за рубежом для кулинарных целей) и др.

#### ЗАРОДЫШ РЖАНОГО ЗЕРНА

А. А. Завьялов, П. П. Тарутин [237] и др. предложили для приготовления некоторых продуктов использовать зародыш ржи, который по своему химическому составу очень ценен (растворимый белок, сахар, жир, витамины). Мука, смолотая из цельного зерна, скоро портится, поэтому одни исследователи предлагают из отделенного от зерна зародыша изготавливать поливитаминные продукты, другие предлагают отделенный зародыш осторожно высушивать, чтобы предотвратить его дальнейшую порчу. Подсушенный зародыш размалывают и добавляют в муку.

#### РЖАНОЙ КРАХМАЛ

Крахмал вырабатывают из сортовой сеяной муки трех сортов: высшего, I и II.

Пищевой крахмал не должен содержать минеральных примесей и солей тяжелых металлов. Крахмал, предназначенный для текстильного производства, должен быть без песка (при просеивании) и без следов железа. Крахмал II сорта используется для технических целей или для выработки патоки.

#### НАБУХАЮЩАЯ МУКА

Френц [250] и Вернике [327] предложили обрабатывать ржаную муку и крахмал теплом.

Ржаная мука при сухом нагревании при температуре около 150° приобретает новые вкусовые свойства и повышенную способность к набуханию.

Френц изучал термостабильность амилаз в свежесмолотой ржаной муке тонкого помола, прогревая ее токами высокой частоты при температуре от 65 до 190°. Суспензию из прогретой муки он исследовал на скорость седиментации и на вязкость сваренного клейстера. По опытам автора α-амилаза инактивировалась только при 160° (по Риттеру), а β-амилаза — при 110°.

Лучшей температурой для сухого прогревания муки являлась 150°. Быстро сваренный клейстер (до 100°) из такой муки был

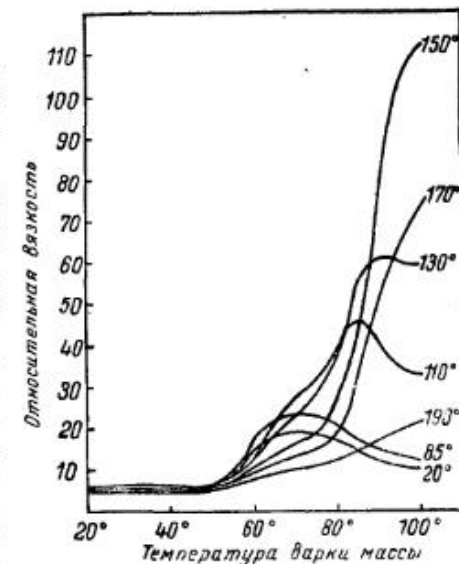


Рис. 34. Кривые относительной вязкости мучной болтушки во время варки.

совершенно гомогенен. Кривые вязкости клейстера при температуре варки от 20 до 100° из муки, прогретой при разной температуре, изображены на рис. 34.

При прогревании до 150° ржаная мука теряет почти всю влагу. Ввиду разрушения ферментов, такая мука сохраняется лучше, чем непрогретая. Специфический приятный запах ржаная мука имеет при нагревании ее от 130 до 150°; при 160° мука темнеет и приобретает горьковатый привкус.

Френц отмечает, что для выпечки хлеба ржаная набухающая мука непригодна, хлеб получается плохого качества. Вернике, который обрабатывал тепло ржаной и другой крахмал, утверждает, что при добавлении прогретой муки в тесто в количестве 2—3% к весу всей муки качество хлеба улучшается.

Следует отметить, что в основном набухающую муку применяют для кулинарных целей (супы, каши, соусы).

#### КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. Сухари являются хлебным консервом. Производство сухарей включает следующие процессы: приготовление, выдержка и резка хлеба, сушка хлеба на сухари.

Сухарный хлеб должен иметь влажность 44—46%, влажность мякиша 47—50%, равномерную пористость не менее 48%.

При сушке ломтей хлеба теплопередача осуществляется кондукцией, конвекцией, термоизлучением, токами высокой частоты, сублимацией. На практике в настоящее время наиболее применима сушка конвекцией.

Хлеб для сухарей выпекают обычным способом. В настоящее время предложен электроконтактный способ выпечки хлеба, при котором он получается без корок и большего объема. Время выпечки сильно сокращается (в 5—40 раз). Сухари из такого хлеба быстрее намокают, имеют более высокую прочность на излом.

2. Для изготовления заварных сортов ржаного хлеба (бординский, московский и др.) применяют красный ржаной солод, придающий также мякишу более темный цвет. Основной стадией приготовления красного солода является томление, или ферментация, проращенного зерна ржи в специальных кучах (грузах).

Красный ржаной солод обладает приятным ароматом. Образование аромата зависит от летучей фракции (альдегиды и летучие кислоты) и нелетучей ароматической фракции (оксиметилфурфурол). Медовый запах солоду придает оксиметилфурфурол.

3. Автором данной книги разработан способ приготовления сухих заквасок, выдерживающих хранение до 6 месяцев. Для

приготовления сухой закваски берут спелую, хорошего качества ржаную закваску (головка), крепко натирают обойной ржаной мукой. Натертую закваску измельчают, сушат при температуре 30—35° до влажности 9—10%. Хранить закваску необходимо в герметической упаковке.

4. Из зародышей зерна ржи готовят муку. Для этого зародыши отделяют от зерна и подсушивают. Полученный продукт обладает высокой диетической ценностью.

Из ржаной муки готовят также ржаной крахмал и набухающую ржаную муку. Последняя получается быстрым прогревом сухой муки до 150°. Этот продукт применяется главным образом для кулинарных целей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Айзикович Л. Е., Хорцев Б. Н., Технология производства пшеничной и ржаной муки, Заготиздат, 1954.
2. Алеев Б. С., Ратнер М. И., Микробиология зерна, муки, хлебных и кондитерских изделий, часть III, вып. II, Пищепромиздат, 1950.
3. Антропова В. Ф., Рожь, БСЭ, 1956.
4. Антроповы В. и В., Рожь СССР и сопредельных стран, изд. Института прикладной ботаники, 1929.
5. Аристовская Т. В., Использование  $\text{CO}_2$  и возможность редукции карбоксила гетеротрофами, Микробиология, т. 10, вып. 6, 1941.
6. Арциховский В. М., О температуре набухания крахмальных зерен, Известия Российской академии наук, сер. 6, 12, 349, 1918.
7. Ауэрман Л. Я., Технология хлебопечения, Пищепромиздат, 1938.
8. Ауэрман Л. Я., Технология хлебопечения, Пищепромиздат, 1942.
9. Ауэрман Л. Я., Производство сухарей, Пищепромиздат, 1943.
10. Ауэрман Л. Я., Повышение пищевой ценности хлеба, Пищепромиздат, 1946.
11. Ауэрман Л. Я., Технология хлебопечения, Пищепромиздат, 1948.
12. Ауэрман Л. Я., Технология хлебопечения, Пищепромиздат, 1956.
13. Ауэрман Л. Я., Букин В. Н., Зайцев З. И., Куцева Л. С., Пашовкин В. Ф., Щербатенко В. В., Сохранность и содержание витаминов  $\text{B}_1$ ,  $\text{B}_2$  и РР в хлебе из разных сортов муки, Биохимия зерна, Сб. 2, 1954.
14. Ауэрман Л. Я., Кретович В. Л., Алякринская Е. А., Базарнова В. М., Токарева Р. Р., Меланоидинообразование и цвет корки хлеба, ДАН, т. 42, № 1, 1953.
15. Ауэрман Л. Я., Лыков А. В., Гинзбург А. С., Процесс выпечки хлеба, Пищепромиздат, 1948.
16. Ауэрман Л. Я., Микулинская Л. Р., Амилографическое исследование ржаной муки, теста и хлеба, Труды МТИППа, т. 2, 248, 1952.
17. Ауэрман Л. Я., Островский Я. Г., Гинзбург А. С., Журавлев Н. Н., Хечуашвили А. З., Кветный Ф. М., Сухари из ржаного хлеба электроконтактной выпечки, Труды МТИППа, вып. 4, 82, 1956.
18. Ауэрман Л. Я., Пашовкин В. Ф., Беликова Е. В., Зайцева Н. И., Пушкинская О. Н., Химический состав и калорийность основных сортов хлеба, Труды ВНИИХПа, вып. IV, 1951.
19. Ауэрман Л. Я., Рахманкулова Р. Г., О роли белковых веществ мякиша хлеба в процессе его черствения, «Хлебопекарная и кондитерская промышленность», 1957, № 2.
20. Ауэрман Л. Я., Щербатенко В. В., Лурье Т. С., Фидельман А. Г., Подсыпанна Т. И., Производственная проверка метода улучшения хлебопекарных свойств проросшего зерна ржи путем гидротермической обработки, Труды ВНИИХПа, вып. VI, 1955.
21. Баринова С. А., Влияние углекислоты на дыхание плесневых грибов, Микробиология, т. 23, вып. 5, 1954.
22. Баширова Р. С., Производственные испытания термофильных молочнокислых бактерий штамма Э-1, Труды КТИППа имени Микояна, вып. 16, 1955.
23. Баширова Р. С., Активный штамм термофильных молочнокислых бактерий, выделенный из заквасок Симферопольского хлебозавода № 1, Труды КТИППа имени Микояна, вып. 15, 1955.
24. Беликов Н. В., Условия начальной фазы процесса выпечки хлеба, «Пищевая промышленность СССР», Сб. 11, 1948.
25. Благоевещенский А. В., Юргенсон М. П., О протеолитических ферментах семян ржи, Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 2, 1, 76, 1936.
26. Блок и Боллинг, Аминокислотный состав белков и пищевых продуктов, ИЛ, 1949.
27. Бранопольская Р. А., Коллоиды в процессах пищевой индустрии, Сб. 1, Пищепромиздат, 1945.
28. Бродская С. З., Термофильные протеолитические бактерии, Микробиология, 14, 15, вып. I, 2, 1945, 1946.
29. Букин В. Н., Кондрашова А. А., Неферментативный путь разрушения витамина  $\text{B}_1$ , Труды Всесоюзного научно-исследовательского витаминного института, № 4, 1953.
30. Булгаков Н., Химия пивоварения, Пищепромиздат, 1954.
31. Вакар А. Б., Образование клейковины при созревании пшеницы, Труды ВНИИЗа, вып. 20, 1950.
32. Воларович М. П., О применении метода реологии в пищевой промышленности, «Коллоиды в пищевой промышленности», Сб. 2, 1949.
33. Волгунов Г. С., Похно М. Т., Влияние влажности субстрата на образование меланоидиновых веществ, Биохимия, т. 15, вып. 1, 1950.
34. Гиблиман М. Р., Влияние химических веществ на образование летучих кислот, ацетонна, диацетила при молочнокислом брожении, Микробиология, т. 8, вып. 3—4, 1939.
35. Гинзбург А. С., Принципы обоснования оптимального режима процесса выпечки хлеба, Сборник «Пищевая промышленность», вып. 4, 1947.
36. Гинзбург А. С., Теоретические основы процесса выпечки хлеба, Труды МТИППа, вып. 2, 1952.
37. Гинзбург А. С., Теплофизические основы процесса выпечки, Пищепромиздат, 1955.
38. Гинзбург А. С., Буров Л. А., Лыкова А. З., Ауэрман Л. Я., Исследование процесса обжарки хлеба, Труды МТИППа, вып. 1, 1952.
39. Гиришон В. Я., Экспериментальные исследования процессов технологии зерна, Заготиздат, 1949.
40. Гладкова Е. А., Новая технология приготовления ржаного хлеба на жидкой закваске, Саратовская-1 (С-1), Пищепромиздат, 1955.
41. Глаубиц М., Атлас микроорганизмов брожения, Пищепромиздат, 1935.
42. Гогоберидзе Н. И., Ауэрман Л. Я., Щербатенко В. В., Исследование влияния кинетики прогрева ржаного хлеба на его качество, Труды МТИППа, № 4, 1956.
43. Голдовский А. М., Коллоидная химия семян (зерна), «Коллоиды в пищевой промышленности», Сб. 2, 1949.
44. Голышева М. Г., Хохлов И. М., Применение метода сублимации для сушки микроорганизмов, употребляемых в витаминной промышленности при производстве аскорбиновой кислоты и рибофлавина, Труды ВНИИ витаминного института, т. IV, 1953.
45. Голышева М. Г., Хохлов И. М., Сушка сублимацией молочнокислых микроорганизмов, применяемых в хлебопекарной промышленности, Труды ВНИИ витаминного института, т. V, 1954.
46. Гончаренко Ф. И., Биохимия ржи. Биохимия культурных растений, т. 1, Сельхозгиз, 1936.

47. Гопфенгаузен И., Томашевская Л., Применение соляной заварки для выпечки ржаного хлеба, «Советское мукомолье и хлебопечение», 1936, № 3.
48. Горбачев С. В., Клейстеризация крахмала, Журнал Русского физико-химического общества, 62, 1930.
49. Державин А. И., Многолетняя рожь, Ставрополь, 1950.
50. Дрель-Гитис Е. В., Бактериофаг молочнокислых бактерий — вредителей спиртового производства, «Спирто-водочная промышленность», 1938, № 10, 14.
51. Думанский А. В., Гидрофильность коллоидных систем и ее значение, «Коллоиды в пищевой промышленности», Сб. 2, Пищепромиздат, 1943.
52. Думанский А. В., Якушева З. М., Коллоидно-химические процессы при сушке хлеба, «Коллоиды в пищевой промышленности», Сб. 1, 1946.
53. Дурмшидзе С. В., Генезис молочной кислоты при естественном алкогольном брожении, Биохимия, т. 3, вып. 3, 1938.
54. Евлахова А., К характеристике некоторых микроорганизмов из керченских «жидких» хлебопекарных дрожжей, Сборник работ Ленинградского лаборатория треста хлебопечения, вып. II, 1935.
55. Евреннова Т. Н., Аминокислотный состав белка, выделенного из термофильных бактерий, Микробиология, том XVII, вып. 1, 1948.
56. Ерусалимский А. Л., О периодичности размножения и газообразования дрожжей в жидкой культуре, Микробиология, т. XXIV, вып. 2, 1955.
57. Журавлев Н. Н., Проскураков Н. И., Стельмахович А. Ф., Биохимические основы приготовления красного ржаного солода для хлебопечения, Труды ВНИИХПа, 1939.
58. Забродский А. Г., Исследование процессов водно-тепловой обработки сырья в спиртовом производстве, Автореферат докторской диссертации, Киев, 1957.
59. Забродский А. Г., Витковская В. А., Изучение условий протекания реакций между аминокислотами и сахаром, Биохимия, т. 19, вып. 6, 1954.
60. Забродский А. Г., Витковская В. А., О несбраживаемости меланоидиновых веществ, Микробиология, т. 25, № 3, 1956.
61. Забродский А. Г., Положишник А. Ф., Образование меланоидинов в процессе тепловой обработки зерна, Биохимия, т. 17, вып. 6, 1952.
62. Збарский Н. Ш., Исследование причин образования закала в ржаном формовом хлебе, Автореферат, МТИПП, 1955.
63. Иванов Н. Н., Проблема белка в растениеводстве, Сельхозгиз, 1947.
64. Имшенецкий А. А., О скорости процессов, вызываемых мезофильными и термофильными бактериями, Микробиология, т. 10, вып. 4, 1941.
65. Имшенецкий А. А., Микробиологические процессы при высоких температурах, изд. АН СССР, 1944.
66. Казаков Е. Д., Количественное соотношение и зольность составных частей зерна ржи, ДАН СССР, VIII, № 6, 1947.
67. Канцельсон Р. С., Влияние среды на прижизненное выделение ферментов микроорганизмами, Известия института имени Лесгафта, 27, 1955.
68. Кизель А. Р., Кретович В. Л., Об углеводах зерна пшеницы и ржи, Труды ВНИИЗа, вып. 12, 1933.
69. Клеев И. А., Хранение пшеницы и ржи, Заготиздат, 1951.
70. Княгиничев М. И., Сопряженность физико-химических признаков зерна с выходом муки, Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. 27, вып. 2, 1931.
71. Княгиничев М. И., Авторское свидетельство № 76314, 1948.
72. Княгиничев М. И., Дерковская-Зеленцова Г. Л., Ускоренный и упрощенный метод количественного определения молочной, суммарной янтарной и яблочной, лимонной и винной кислот в закваске, тесте и хлебе, Труды ВНИИХПа, вып. V, 1953.
73. Княгиничев М. И., Плотников П. М., Аромат ржаного хлеба, Труды Ленинградского технологического института пищевой промышленности, т. III (XI), 1953.
74. Княгиничев М. И., Плотников П. М., Болховитина Ю. Р., Базовская К. Г., Проскураина О. В., Содержание кислот в ржаном тесте и хлебе, приготовленных разными способами, Биохимия, т. 19, вып. 1, 1954.
75. Княгиничев М. И., Спасская Е. В., Авторское свидетельство № 77363, 1948.
76. Козьмина Н. П., Зерноведение, 1-е изд., 1947.
77. Козьмина Н. П., Зерноведение, 2-е изд., Заготиздат, 1955.
78. Козьмина Н. П., Ильина В. Н., Бутман Л. А., О клейковине зерна ржи, Сообщения и рефераты ВНИИЗа, вып. 2, 1956.
79. Козьмина Н. П., Ильина В. Н., Бутман Л. А., Некоторые свойства клейковинных белков зерна ржи, Сообщения и рефераты ВНИИЗа, вып. 4, 1956.
80. Козьмина Н. П., Кретович В. Л., Химия зерна и продуктов его переработки, М.—Л. Снабтехиздат, 1935.
81. Козьмина Н. П., Кретович В. Л., Биохимия зерна и продуктов его переработки, Заготиздат, 1951.
82. Колесов В. М., К вопросу образования клейковины из ржаной муки, Известия Томского мукомольно-элеваторного института, т. 3, 1938.
83. Колесов С. Г., Всушивание микроорганизмов и биоприпасов, Сельхозгиз, 1952.
84. Коровин Ф. Н., Зерноведение, Заготиздат, 1940.
85. Коровин Ф. Н., Базарнова В. М., Хлебопекарная оценка сортов ржи, Труды ВНИИХПа, вып. IV, 1955.
86. Костычев С. П., Избранные труды по физиологии и биохимии микроорганизмов, т. 1, 1956.
87. Краснопевцев Н. И., Основные положения при анализе и проектировании пекарных камер конвейерных хлебопекарных печей, Бюллетень «Хлебопекарная промышленность», № 6, 1940.
88. Красовская Г. И., Определение термических констант гидроскопических сыпучих материалов, применяемых в пищевой промышленности, Труды МТИППа, 1944.
89. Кретович В. Л., Проблема пищевой полноценности хлеба, 1948.
90. Кретович В. Л., Основы биохимии растений, изд. «Советская наука», 1952.
91. Кретович В. Л., Основы биохимии растений, 2-е изд., 1956.
92. Кретович В. Л., Дроздова Т. В., Петрова И. С., Количественное хроматографическое определение летучих жирных кислот, ДАН СССР, т. 80, № 3, 1951.
93. Кретович В. Л., Петрова И. С., Биохимия, т. 12, вып. 2, 1947.
94. Кретович В. Л., Петрова И. С., Превращение слизи при прорастании и созревание зерна ржи, ДАН СССР, т. 59, № 2, 1948.
95. Кретович В. Л., Рязанцева Е. Н., Биохимические изменения в зерне пшеницы под действием высоких температур, АН СССР, т. III, (VIII), № 9, 1935.
96. Кретович В. Л., Токарева Р. Р., Взаимодействие аминокислот и сахаров при повышенных температурах, Биохимия, т. 13, вып. 6, 1948.
97. Кретович В. Л., Токарева Р. Р., Летучие ароматические вещества солода и хлеба, ДАН СССР, т. 69, № 2, 1949.

98. Кретович В. Л., Токарева Р. Р., О содержании оксиметилфурфу-рола в хлебе и солоде, ДАН СССР, 74, № 3, 1950.
99. Кретович В. Л., Токарева Р. Р., Ароматические вещества красного ржаного солода и ржаного хлеба, Труды ВНИИХПа, вып. 5, 1953.
100. Кретович В., Токарева Р., Смолина Н., Кульман А., Бранопольская Р., Изменение качества ржаной муки при хранении, ДАН СССР, т. 58, вып. 9, 1947.
101. Кретович В., Токарева Р., Петрова И., Дроздова Т., Ауэрман Л. и Смолина Н., Биохимия созревания ржаного зерна, Биохимия, т. 12, вып. 6, 1947.
102. Кретович В. Л., Токарева Р. Р., Петрова И. С., Дроздова Т. В., Кульман А. Г., Бранопольская Р. А., Ауэрман Л. Я. и Смолина Н. И., Биохимическое, коллоидно-химическое и технологическое исследование созревания ржи, Биохимия зерна, Сб. 1, изд. АН СССР, 1951.
103. Кретович В. Л., Токарева Р. Р., Петрова И. С., Дроздова Т. В., Ароматические вещества красного ржаного солода и ржаного хлеба, Труды ВНИИХПа, вып. V, 1953.
104. Кудрявцев В. И., Систематика дрожжей, изд. АН СССР, 1954.
105. Кузин А. М., Полякова О. И., Пути образования и свойства продуктов присоединения аминокислот к сахарам, Биохимия, т. 6, вып. 2, 1941.
106. Кузьмина З. С., Опыт ведения закваски на самосахаривающейся закваске, Сборник работ опытной лаборатории ЛТХП, вып. II, 1935.
107. Кульман А. Г., Коллоиды в хлебопечении, Пищепромиздат, 1940.
108. Кульман А. Г., Коллоидная характеристика процесса выпечки хлеба, «Коллоиды в процессах пищевой индустрии», Сб. 1, 1946.
109. Кульман А. Г., Методы исследования объектов хлебопекарного производства, «Коллоиды в процессах пищевой индустрии», Сб. 1, 1946.
110. Кульман В. Г., Коллоиды в хлебопечении, «Коллоиды в пищевой промышленности», Сб. 2, 1949.
111. Кульман А. Г., Коллоиды в хлебопечении, Пищепромиздат, 1953.
112. Кульман А. Г., Бранопольская Р. А., Коллоидная характеристика процесса созревания зерна и муки, «Коллоиды в пищевой промышленности», Сб. 2, 1949.
113. Кульман А. Г., Бранопольская Р. А., Коллоидная характеристика ржаного хлеба, Труды ВНИИХПа, вып. V, 1953.
114. Куприц Я. Н., Физико-химические основы размола зерна, Заготиздат, 1946.
115. Лапина Т. Б., Ускорение процесса приготовления пшеничного теста, Сборник работ студенческого научного общества Ленинградского технологического института пищевой промышленности, № 1, 1956.
116. Леманн, Айхеле Ф., Физиология прорастания семян злаков, 1936.
117. Липатов С. М., Карцовник Б. А., Бабич Л. В., Исследования в области структуры крахмала, «Коллоидный журнал», 10, 1948.
118. Логинова Л. Г., Адаптация дрожжей. Кратковременные действия внешних факторов, Микробиология, 14 (5), 1945.
119. Логинова Л. Г., Адаптация дрожжей. Брожение, вызываемое дрожжами, адаптированными к высокой температуре, Микробиология, 17 (1), 1948.
120. Логинова Л. Г., Скорость размножения термофильных дрожжей, Микробиология, т. XXIII, вып. 4, 1954.
121. Лурье Т. С., Ауэрман Л. Я., Улучшение хлебопекарных качеств проросшего зерна ржи путем термической обработки, Труды ВНИИХПа, вып. IV, 1951.
122. Лурье Т. С., Ауэрман Л. Я., Улучшители ржаной муки, Труды ВНИИХПа, вып. IV, 1951.
123. Лыков А. В., Основы теории тепло- и влагообмена с коллоидными капиллярно-пористыми материалами, «Процесс выпечки хлеба», 1948.
124. Лыков А. В., Теория сушки, Госэнергоиздат, 1950.
125. Лыков А. В., Ауэрман Л. Я., Основные вопросы динамики процесса сушки коллоидных капиллярно-пористых материалов, Сборник «Коллоиды в процессах пищевой индустрии», № 1, 1946.
126. Лыков А. В., Ауэрман Л. Я., Сушка хлеба на сухари, Труды МТИППа, вып. 2, 97, 1952.
127. Лыков А. В., Ауэрман Л. Я., Гинзбург А. С., Исследование тепло- и массообмена в капиллярно-пористых телах методами теории подобия, применительно к процессам сушки и выпечки, Труды МТИППа, вып. 4, 1956.
128. Любарский Л. Н., Рожь (исследование биологических и технологических свойств зерна), Автореферат докторской диссертации, 1951.
129. Любарский Л. Н., Природа окраски зерна ржи в связи с особенностями его химического состава, Биохимия зерна, Сборник 2, 1954.
130. Любарский Л. Н., Химические и технологические особенности зерна пшеницы в связи с его крупностью и консистенцией, Биохимия зерна, Сборник 3, 1956.
131. Любарский Л. Н., Рожь, Хлебиздат, 1957.
132. Льюинская Н. И., Ауэрман Л. Я., Улучшение хлебопекарных свойств проросшего зерна ржи в процессе его сушки, Труды МТИППа, вып. 4, 1956.
133. Лялин Л. М., Химия хлеба, Научное химико-техническое изд. ВСНХ, 1919.
134. Максимова А. К., Интенсификация процессов ароматообразования в заквасках для масла, Труды ВНИИМПа, вып. 17, 1957.
135. Марх А. Т., О меланоидиновых реакциях в консервированных пищевых продуктах, Биохимия, т. 21, вып. 6, 1956.
136. Маслов И. Н., Сушка ржаных и ржано-пшеничных сухарей, Пищепромиздат, 1943.
137. Мацумато, О механизме окисления теста, Реферат № 17615, РЖ химия, № 5, 1957.
138. Машковцев М. Ф., Влияние количества воды на течение реакции между аминокислотами и редуцирующими сахарами, Биохимия, т. 16, вып. 6, 1951.
139. Медвинская Л. Ю., Роль бактериофага молочнокислых стрептококков в молочной промышленности, Сборник «Вопросы биохимии в пищевой промышленности», АН УССР, 1951.
140. Мейсель М. Н., Перестройка протопласта дрожжевых организмов в процессе брожения, Микробиология, т. VIII, вып. 3—4, 1939.
141. Мейсель М. Н., Медведева Г. А., Возможность использования микроорганизмами из воздуха некоторых витаминов, Биохимия, 12, 1947.
142. Мелешко К. В., Содержание кобальта в некоторых пищевых продуктах растительного происхождения, «Вопросы питания», 1956, № 6.
143. Микulinская Л. Р., Ауэрман Л. Я., Исследование свойств ржаной муки, теста и хлеба физическими методами, Труды ВНИИХПа, вып. IV, 1951.
144. Михелев А. А., Исследование кинетики процесса выпечки хлеба и соответствующее конструктивное оформление конвейерных печей, Наркомпищепром, Алма-Ата, 1943.
145. Михелев А. А., Исследование механизма процесса выпечки хлеба, Труды Киевского института пищевой промышленности, № 10, 1950.
146. Михелев А. А., Ицкович Н. М., Методика расчета теплообмена в хлебопекарных печах и пути их усовершенствования, изд. Ак. арх. УССР, Киев, 1950.
147. Мишустин Е. Н., Термофильные микроорганизмы в природе и практике, изд. АН СССР, 1950.

148. Морев Н. Е., Исследование режима влажности среды пекарной камеры в производственных условиях, Автореферат диссертации, 1955.
149. Назаров В. И., О действии электролитов на крахмал, «Коллоиды в процессах пищевой индустрии», Сборник 1, 1954.
150. Назаров В. И., Николаев А. В., Применение регистрирующего пирометра акад. Курнакова Н. С. к изучению процесса клейстеризации картофельного крахмала, ДАН СССР, 20, № 7, 8, 573, 1938.
151. Назаров В. И., Николаев А. В., Изучение превращений, происходящих в крахмале, с помощью регистрирующего пирометра акад. Н. С. Курнакова, ДАН СССР, 24, № 3, 262, 1939.
152. Нейман М. П., Зерно и хлеб, Снабтехиздат, 1935.
153. Николаев В. А., К микробиологии хлебных заквасок, Труды ВНИИХПа, вып. 1, 1932.
154. Николаев В. А., Сборник работ отдела микробиологии и биохимии, Труды ВНИИХПа, вып. 5, 1933.
155. Николаев В. А., Усушка хлеба при остывании и хранении, «Советское мукомолье и хлебопечение», 1936, № 11.
156. Николаев В. А., Антонова В. П., Беганская Л. С., Влияние влажности муки на качественные и количественные показатели хлеба, Труды ВНИИХПа, вып. V, 1953.
157. Николаев В. А., Шульц Н. П., Микроструктура хлеба, Труды ВНИИХПа, вып. 6, 1933.
158. Ноткина Л. Г., Абезгауз Т. М., Запарова Е. М., Изменение сульфидрильных соединений и проницаемости клетки при сушке хлебопекарных дрожжей и их хранении, Труды Укр. НИИПа, вып. 1, 1954.
159. Одинцова Е. Н., Термофильный дрожжевой организм, Микробиология, 16, 4, 1947.
160. Омелянский В. Л., Избранные труды, изд. АН СССР, 1953.
161. Онищенко Е. Г., Попадич И. А., Улучшение хлебопекарных свойств проросшего зерна пшеницы, Биохимия зерна, Сборник 3, 1956.
162. Осборн Т. Б., Растительные белки, Биомедгиз, 1935.
163. Островский Я. Г., Исследование электроконтактной выпечки пшеничного хлеба, Труды МТИППа, вып. 4, 1956.
164. Пасынский А. Г., Денатурация белков, Сборник «Белки в промышленности и сельском хозяйстве», АН СССР, 1952.
165. Певзнер М. И., Кудашевич В. З., Левин Г. Л., Клинические наблюдения при питании различными сортами ржаного и пшеничного хлеба из муки различных выходов, «Вопросы питания», 1, вып. 4, 1932.
166. Петрова А. С., Ульянова Л. П., Изменение количества и состава водорастворимых веществ в процессе приготовления ржаного хлеба, Сборник студенческих научных работ МИНХ имени Плеханова, Госторгиздат, 1958.
167. Плевако Е. А., Сушеные хлебопекарные дрожжи, Пищепромиздат, 1953.
168. Плотников П. М., Ускорение производства ржаного хлеба, Труды МТИППа, т. 12, 1955.
169. Плотников П. М., Княгиничев М. И., Шмидт З. И., Новый способ приготовления ржаного хлеба на жидкой закваске, Труды ЛТИППа, III (XI), 1953.
170. Плотников П. М., Княгиничев М. И., Шмидт З. И., Ускоренный способ приготовления ржаного хлеба на закваске без дрожжей, Труды ЛТИППа, т. 12, 1955.
171. Поволоцкая К. Л., Кондрашова А. А., Пушкинская О. И., Скоробогатова Е. П., Биосинтез тиамина, рибофлавина и никотиновой кислоты в прорастающих семенах, Биохимия зерна, Сборник 3, 1956.
172. Пономарев В. В., Тепловая денатурация глиадина, Биохимия, т. 16, вып. 6, 1951.
173. Прескотт С., Дэн С., Техническая микробиология, ИЛ., 1952.
174. Пронин С. И., Самоосахаривание ржаной муки собственным диастазом, «Пищевая промышленность», 1929, № 4.
175. Пронин С. И., Ферменты зерна, Снабтехиздат, 1934.
176. Пронин С. И., Диастаз, Пищепромиздат, 1937.
177. Пронин С. И., Амилолитические ферменты и их роль в пищевой промышленности, Гизлегпищепром, 1953.
178. Пронин С. И., Дах Б. М., Влияние температуры на действие зерновых амилаз, Биохимия зерна, Сборник 1, 1951.
179. Пронин С. И., Дах Б. М., Влияние температуры на амилазный комплекс муки, Труды ВНИИХПа, вып. 4, 1951.
180. Пронин С. И., Дах Б. М., Взаимоотношение оптимальных зон pH и температуры для действия  $\beta$ -амилаз пшеницы и ржи, ДАН СССР, 77, № 2, 1951.
181. Пронин С. И., Дах Б. М., Влияние начинающейся термической инактивации зерновых амилаз на кинетику их гидролитического действия, ДАН, т. 79, № 5, 1951.
182. Пронин С. И., Иванова Л. Ф., О начальной температуре клейстеризации крахмала, Биохимия зерна, Сборник 3, 1956.
183. Пронин С. И., Петрова И. С., О термостабильности амилаз в тесте при выпечке, ДАН, т. 85, № 4, 1952.
184. Пронин С. И., Петрова И. С., Состояние амилаз в тесте при выпечке, Труды ВНИИХПа, вып. 6, 1955.
185. Проскуряков Н. И., Дмитриевская Н. В., О некоторых свойствах и активных группах в препаратах амилазы термофильных анаэробов, ДАН СССР, т. 47, № 4, 1949.
186. Проскуряков Н. И., Маслов И. Н., Чинова К. Н., Изменения автолитической активности и углеводно-амилазного комплекса при созревании и прорастании ржи, Биохимия, т. 11, вып. 6, 1946.
187. Проскуряков Н. И., Опарышева Е. Ф., Ферментативные изменения в пекарских дрожжах при их сушке и длительном хранении, Микробиология, т. XXV, вып. 5, 1956.
188. Проскуряков Н. И., Прохорова Н. Т., О содержании молочной кислоты в хлебе и о методике ее определения в нем, Сборник работ опытной лаборатории Ленинградского треста хлебопечения, вып. 1, 1935.
189. Проскуряков Н. И., Хромова Е. С., Адсорбция ферментов клейковины пшеничной муки, Биохимия, АН СССР, т. 20, вып. 2, 1955.
190. Прохорова Н. Т., Содержание летучих кислот в ржаном хлебе как показатель его качества, «Вопросы питания», т. XV, вып. 3, 1956.
191. Прянишников Д. Н., Белковые вещества, 2 изд., М., 1926.
192. Пумпянский А. Я., Физико-химические процессы в заварках, «Советское мукомолье и хлебопечение», 1936, № 3.
193. Пумпянский А. Я., Исследование основных способов приготовления ржаного хлеба, Автореферат диссертации, 1947.
194. Пумпянский А. Я., Исследование технологии ржаного хлеба, «Пищевая промышленность», Сборник 8, 1947.
195. Пумпянский А. Я., Збарский Н. Ш., Устранение причин образования закала в ржаном формовом хлебе из обойной муки, Труды ВНИИХПа, вып. V, 1953.
196. Работнова И. Л., Роль физико-химических условий (pH и  $gH_2$ ) в жизнедеятельности микроорганизмов, Изд. АН СССР, 1957.
197. Ратнер М. И., Разработка технологии приготовления молочнокислых бактерий и выпечка из них ржаного хлеба, Труды ВНИИХПа, вып. IV, 1951.
198. Ратнер М. И., Канель Э. С., Роль микроорганизмов в приготовлении ржаного теста, Сборник «Пищевая промышленность», вып. 8, 1947.
199. Ратнер М. И., Канель Э. С., Изучение технологии и микробиологии ржаного теста, Труды ВНИИХПа, вып. IV, 1951.



200. Ратнер М. И., Топорнина С. Я., Испытания разных рас дрожжей для ржаных заквасок в условиях повышенной температуры тестопедения (38—40°), Труды ВНИИХПа, вып. 5, 1953.
201. Ратнер М. И., Фалунина З. Ф., Ускоренный метод выделения закваски, Сборник «Пищевая промышленность», вып. 7—8, 1944.
202. Рахманкулова Р. Г., Исследование процесса черствения хлеба, Автореферат кандидатской диссертации, 1957.
203. Рахманкулова Р. Г., Фалунина З. Ф., Влияние ферментных препаратов на черствение хлеба, «Хлебопекарная и кондитерская промышленность», 1957, № 3.
204. Резниченко М. С., Колесов В. М., Полотнова Л. И., Чубачан Н. А., Исследование в области структуры и химического состава проламинов. Об аминокислотном составе глиадинов пшеницы и ржи. Биохимия, т. 21, вып. 2, 1956.
205. Рогачева А. И., Термостабильность спор бактерий различных климатических зон, Микробиология, т. XVI, вып. 3, 1947.
206. Ройтер И. М., Способность пенообразования водномучной смеси при различных условиях, Труды КТИППа, вып. 16, стр. 167, 1956.
207. Ромашов Д. И., Исследование на усвояемость ржаного и пшеничного хлеба различных выходов, «Вопросы питания», т. 1, вып. 3, 1932.
208. Роменский Н. Б., О химическом составе пшеничного зерна и его анатомических частей, Труды ВНИИ зерна, вып. 19, 1949.
209. Рощина В. Д., Влияние плазмолиза поваренной солью на свойства дрожжей, Изв. Естественно-научного института имени Лесгафта, 27, 1955.
210. Рощина В. Д., Изучение физиологических свойств плазмоллизированных дрожжей при хранении, Микробиология, т. 25, вып. 4, 1956.
211. Рубенчик Л. И., Гальперин М. В., Влияние хлористого натрия на размножение хлебопекарных дрожжей, Микробиология, т. 4, вып. 1, 1935.
212. Руководство по апробации сельскохозяйственных культур, том. 1, Сельхозгиз, 1937.
213. Румянцева В. М., Функционально-морфологические изменения дрожжевых клеток в процессе их высушивания и реактивации, Изв. Естественно-научного института имени Лесгафта, т. 27, 1955.
214. Сарычев Б. Г., Технология хлебопечения, Пищепромиздат, 1951.
215. Сарычев Б. Г., Технология и техно-химический контроль хлебопекарного производства, Пищепромиздат, 1956.
216. Селибер Г. Л., Микроорганизмы брожения кислого теста, Микробиология, т. 8, вып. 3—4, 1939.
217. Селибер Г. Л., Углекислота как фактор жизнедеятельности гетеротрофных микроорганизмов и тканей, «Природа», 1942, № 5—6.
218. Селибер Г., Бычкова А., Вольфсон И., Микроорганизмы заквасок кислого теста. Приготовление заквасок из чистых культур бактерий и дрожжей, Труды Ин-та с.-х. микробиологии, т. 5, 1933.
219. Серебринова Н. И., Сокольская Е. В., Бактериофаг у молочнокислых палочек, Микробиология, т. 23, вып. 4, 1954.
220. Сисакян Н. М., Ферментативная активность протоплазмальных структур, Изд. АН СССР, 1951.
221. Скалон И. С., Отношение молочнокислых бактерий к углекислоте, ДАН СССР, т. 58, № 6, 1947.
222. Скалон И. С., Изменчивость физиологических свойств молочнокислых бактерий под влиянием эколого-географических факторов. Изв. Естественно-научного института имени Лесгафта, т. 27, 1955.
223. Скалон И. С., Отношение гетеротрофных микроорганизмов к углекислоте. Влияние количества клеток при засеве на выявление потребности у микроорганизма в CO<sub>2</sub>, Изв. Естественно-научного института имени Лесгафта, т. 27, 1955.
224. Скалон И. С., Потребление лимонной кислоты микроорганизмами в чистых и смешанных культурах в связи с условиями среды, Изв. Естественно-научного института имени Лесгафта, т. 27, 1955.
225. Скоропостижная Л. С., Содержание кобальта в наиболее часто употребляемых пищевых продуктах, «Вопросы питания», т. XI, вып. 1, 1957.
226. Смирнова М. И., Методы определения температуры клейстеризации крахмала, Труды по прикл. бот. ген. и сел. ВАСХНИЛа, сер. 3.
227. Смирнов В. А., Гейсплиц К. А., Об образовании меланоидинов, Биохимия, т. 21, вып. 6, 1956.
228. Солдатенков С. В., Мазурова Т. А., Превращение органических кислот при прорастании и созревании семян пшеницы, Биохимия, 19, 1954.
229. Солдатенков С. В., Пантелеев А. И., Мазурова Т. А., Образование и превращение органических кислот при прорастании семян злаков, Труды Ленинградского общества естествоиспытателей, т. 70, вып. 3, 1950.
230. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур, Изд. Госкомиссии по сортоиспытанию с.-х. культур при МСХ СССР, 1957.
231. Соседов Н. И., Андреева Н. И., Хранение ржаной муки с повышенной влажностью, Труды ВНИИ зерна, вып. 19, 1949.
232. «Страны социализма и капитализма в цифрах», Сборник, 1957.
233. Страчицкий К. И., Кологривова А. Ф., Денатурация белков, изменение оптической активности и энзиматической гидролиземости, Биохимия, т. 2, вып. 5, 1946.
234. Суворов Н. С., Зерноведение, Сельхозгиз, 1950.
235. Таблицы химического состава и питательной ценности пищевых продуктов, Медгиз, 1954.
236. Талмуд Д. Л., Структурные превращения белковых молекул, Совещание по белку АН СССР, 1948.
237. Тарутин П. П., Поливитаминные продукты из зародышей пшеницы и ржи, «Заготовитель», 1941, № 25—26.
238. «Технология мукомольного производства» под редакцией Куприца Я. Н., Заготиздат, 1951.
239. Титов Н. Н., Технология сухих биопрепаратов, 1945.
240. Товароведение продовольственных товаров под редакцией Смирнова В. С., раздел III, Зерномучные товары, Госторгиздат, 1954.
241. Токарева Р. Р., Применение ферментных препаратов в хлебопечении, «Хлебопекарная и кондитерская промышленность», 1957, № 2.
242. Токарева Р. Р., Дымшиц Д., Фитаза как фактор пищевой ценности хлеба, Труды ВНИИХПа, вып. 4, 1951.
243. Тонгур В. С., Регенерация белков под давлением, Автореферат докторской диссертации, 1952.
244. Тульчинский М. Н., Шмидт З. И., Скалон И. С., Бактерии кислого теста, Труды Ц. Л. Ленинградского треста хлебопечения, вып. III, 1938.
245. Уразовский С. С., Изучение механизма процесса черствения хлеба с целью его предупреждения, Труды Всесоюзной хозяйственной академии РККА, вып. 3, 101, Харьков, 1940.
246. Фалунина З. Ф., Определение оптимальных температур действия амилаз в условиях пшеничного теста, Труды МТИППа, вып. 3, 1954.
247. Фалунина З. Ф., Попадич И. А., Термостабильность амилаз в прогреваемом пшеничном тесте, ДАН, т. 78, № 1, 1951.
248. Федоров А. Ф., Влияние сушки на амилитические и протеолитические ферменты солода, Труды ЛТИППа, т. XII, 1955.
249. Форнет А., Хлебопечение, М.—Л., Госторгиздат, 1930.
250. Френц И., Обработка ржаной муки теплом, Бюллетень научно-технической информации СВАГ, № 3, 1947.
251. Худяков Н. Н., Общая микробиология, Снабтехиздат, 1934.

252. Циперович А. С., Исследование денатурации и стабилизации глобулярных белков, Автореферат докторской диссертации, 1954.
253. Циперович А. С., Денатурация глобулярных белков, «Успехи химии», XXV, 9, 1956.
254. Циперович А. С., Лосева А. Л., О механизме денатурации белков. Новые доказательства скачкообразного характера денатурации глобулярных белков, Биохимия, т. 21, вып. 1, 1956.
255. Черников М. П., Некоторые вопросы теории действия протеиназ, «Успехи современной биологии», т. 42, вып. 1, 1956.
256. Чинова К. Н., Изменение крахмала в процессе выпечки хлеба, Биохимия хлебопечения, Сборник 3, 1942.
257. Чулина Е. П., Исследование биохимических и технологических свойств смесей ржаной и пшеничной обойной муки, Изд. ВНИИХПа, 1957.
258. Шапошников В. Н., Углекислота в обмене веществ гетеротрофных бактерий, Микробиология, т. 21, вып. 6, 1952.
259. Шибяев П. Н., Клейковина в зерне ржи и ячменя, Сельхозгиз, 1948.
260. Шкваркина Т. И., Чулина Е. П., Сравнительная оценка различных методов приготовления ржано-пшеничного хлеба, Труды ВНИИХПа, № 4, 1951.
261. Шкловский Н. Ш., К вопросу о механизме образования клейковины, Труды Одесского технологического института имени Сталина, вып. V, т. VII, 1955.
262. Шорыгин П. П., Химия углеводов, Изв. ОНТИ, 1932.
263. Щербатенко В. В., Ауэрман Л. Я., Гогоберидзе Н. И., Потери сухих веществ и влаги в процессе приготовления хлеба, Труды МТИХПа, вып. 4, 1956.
264. Щербатенко В. В., Чинова К. Н., Шкваркина Т. И., Лурье Т. С., Новая технология приготовления ржаного и пшеничного теста, «Хлебопекарная и кондитерская промышленность», 1957, № 1.
265. Юргенсон М. П., О действии растительных дезагрегирующих и протеолитических ферментов на белки пшеницы и ржи, Биохимия, 1, вып. 3, 1936.
266. Юргенсон М. П., Изучение роли кислотообразующих бактерий при приготовлении ржаного теста, Труды ВНИИХПа, вып. IV, 1951.
267. Altermatt H., Neisch A. C., Die Bildung von Cellulose und Xylan aus radioaktiven Monosacchariden in Weizenpflanzen, Chimia, 10, No 7, 1956.
268. Bessard E., Nährboden und Wuchsform der Sauerteigbakterien. Brot u Gebäck, 7, 1953.
269. Bennion E., Bread making its principles and practice, 1929.
270. Beres T., Maczelka L., Elefantilag hatekony cukro es aminosawak vagy feherjek kondenzaciojaval keletkező vegyületek az elelmiszerekben. Elem. ipar, 10, No 3, 1956.
271. Biechy Th., Zur sicheren Einstellung heller Weizen- und Roggenmehle auf eine gewünschte diastatische Kraft mittels Malzmehlen. Brot u Gebäck 10, No 10, 1956.
272. Buck T., Further studies on Lactobacillus enzymothermophilus. Jour. of bact., 54, 1947.
273. Castell C. H., The use of plant tissues for culturing thermophilic anaerobic bacteria found in foods. Biol. abstr., 22, (4) 1948.
274. Czajka, Zmiana wlanosci kapilarnia wilgoci i pH w procesie wypiekania i czerstwienia chleba. Roczn. Panstw. Zakhidg., 5, No 4, 1954.
275. Deschreider A. R., Etude sur la formation du pigment brun dans la croûte du pain. Bulletin de l'école Officielle de la Meunerie belge 17, No 6, 1956.
276. Doose O., Heutige Erfahrungen mit der Intensivknetung unter Berücksichtigung der Knettoleranz verschiedener Teige. Brot u Gebäck, 10, No 9, 1956.
277. Dorner H., Stephan H., Über pH-Untersuchungen an Teigen und Broten. Brot u Gebäck, 10, No 8, 1956.
278. Drews E., Der Milch- und Essigsäuregehalt des Sauerteigbrotes in Abhängigkeit von der Sauer-temperatur, und Festigkeit. Brot u Gebäck, 10, No 7, 1956.
279. Drews E., Der Einfluss der Sauer-temperatur und Festigkeit auf den Gehalt des Sauerteigbrotes an reduzieren den Zuckern (Maltose) Brot u Gebäck, 10, No 7, 1956.
280. Drews E., Über die Entstehung von Ameisensäure beim Backprozess und ihre Bestimmung. Brot u Gebäck, 10, No 8, 1956.
281. Eckardt, Die Verbesserung der Brotqualität beim Backen in automatischen Öfen. Bäcker u Konditor, 11, No 4, 17, 1957.
282. Fink, Ein Vorschlag zur Konservierung grösserer Massen von Mikroorganismen unter Erhaltung der vitalen Eigenschaften. Naturwissenschaften, 42, No 19, 1955.
283. Fornet W., Bread flavour, Bakers Digest, vol XXV, No 3, 1951.
284. Griffith T., Johnson J. A., Chromatographic analysis of sugars in bread Cereal Chemistry, Vol. 31, No 2, 1954.
285. Heinze-Claushoff, Studien über die Flora des Sauerteigs. Mitteilungen der Versuchstation für das Gärungsgewerbe sowie d. Instituts für angewandete Mikrobiologie No 9-10, 1952.
286. Holliger, Zentralblattf. Bakteriologie, II, Bd. 9, 1902.
287. Jahresbericht 1954/55 der Bundesuntersuchungsanstalt für Getreideverarbeitung, Getreide u Mehl, 4/5, 1955.
288. Johnson J. A., Miller B. S., Refai F. G., Miller D., Effect of fermentation time on certain chemical constituents of pre-ferments used in breadmaking. J. Agric. and Food Chem., 4, No 1, 1956.
289. Katz J. R., Hanson E. A., Abhandlungen zur physikalischen Chemie der Stärke und der Brotbereitung XV u. XVII Zs. f. physikalische Chemie, B. 168, H 5/6, 1934.
290. Kirschner M., Hoppe Helga. Bestimmung der Verkleisterungs-temperatur verschiedener Stärkesorten und der Einfluss dieser Temperatur auf die Ausbildung von Auswuchsbeden am Gebäck. Brot u Gebäck, 9, No 6, 1955.
291. Knudsen J., Zentralblatt f. Bakteriologie I, Bd. 66, 1924.
292. Koch R. B., Smith F., Geddes W. F., The fate of sugars in bread doughs and synthetic nutrient solutions under going fermentation with bakers yeast. Cereal. chem., 31, No 2, 1954.
293. Lemmerzahl J., Beitrag zur Frage der Roggenmehl-standardisierung nach Backfähigkeit. Getreide u. Mehl, No 6, No 10, 89-91, 1956.
294. Maschmann E., Über Bakterienproteasen Bioch. Zs. 294, 1, 1937.
295. Maurizio, Nahrungsmittel aus Getreide, Bd. 1, 1917.
296. Neumann-Pelshenke, Brotgetreide und Brot 1954.
297. Otterbacher T. J., Homer J. C., Ford W. T., Cornsweeteners in bread. Bakers Digest, 28, No 6, 25-30, 43, 1954.
298. Pelshenke P. F., Aspects of continuous mixing. Australas. Baker and Millers J., 58, No 100, 1955.
299. Petit G., La réaction de Maillard dans les céréales et leurs derives, Techn. meunière, No 56, 1956.
300. Prace J. A., Hobkirk R., Non-starchy polysaccharides of cereal grains III. Higher molecular gums of common cereals. J., Inst. Brew. 59, No 5, 1953.
301. Röhrlich M., Beiträge zur Kenntniss der Biologie und Biochemie der Sauerteiggärung II Mitteilung Zs. f. Lebensmittel Unters. u. Forschung. 96, 1, 1953.
302. Röhrlich M., Einfluss der Nicotinsäure und ipre Derivate auf die Milchsäurebildung des Lactobac. arabinosus. Arch. Pharmazie, 288/60, No 3, 1955.
303. Röhrlich M., Essner W., Einfluss des Penicillins auf die Sauerteiggärung. Lebensmittel. Rundschau 49, 1953 u 50, 1954.
304. Rotsch A., Über die Wirksamkeit der Maltase des Weizen- und Roggenmehls, Bioch. Zs., 301, 1939.

305. Rotsch A. Untersuchungen über die Entstehung von Verfärbungen der Brotkrume. Brot u. Gebäck, 10, No 7, 1956.

306. Samec, Kolloidchemie der Stärke, 1941.

307. Shall H., Nahrungsmittel Tabelle, 11 Auflage, 1935.

308. Schulz A., Entwicklung und physiologische Aktivität der Bakterien und Hefeflora bei den Sauerstudien des Volkornbrotes und ihr Einfluss auf Geschmack und Güte des Volkornbrotes. Mehl u. Brot, 35, 1941.

309. Schulz A., Biologische Sauertegstudien, 1948.

310. Schulz A., Untersuchung über das Salzhefe-Verfahren. Brot u. Gebäck 9, No 6. 1955.

311. Schulz A., Der Einfluss von Kochsalz auf die Bäckerhefe. Brot u. Gebäck, H 7, 1956.

312. Schulz A., Die Beeinflussung der Teigbeschaffenheit durch das Hefezellwasser. Brot u. Gebäck, H. 7, 1956.

313. Schulz A., Drows E., Über die Bildung eines natürlichen Konservierungsmittels beim Backprozess. Brot u. Gebäck, 11, No 2, 25—29, 1957.

314. Schulerud, Das Roggenmehl. Leipzig, 1939.

315. Smith D. E., Andrews J. S., The uptake of oxygen by flour dough. Cereal Chem. 34, No 5, 323—336, 1957.

316. Specht H., Die Proteolyse bei der Konversion stärkehaltiger Rohstoffe und deren Einfluss auf die alkoholische Gärung. «Stärke», Bd. 9, No 1, S. 8—10, 1957.

317. Spicher G., Vergleichende Untersuchungen über die Mikroflora des Getreides. Zentralblattf. Bacteriologie Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene. Zweite Abteilung 109 Band Heft 23/25, 1956.

318. Stephan H., Beeinflusst die Teigtemperatur die Teigfestigkeit? Brot u. Gebäck, 10, No 1, 1956.

319. Stephan H., Verdoppelung des Vollsaueranteiles bei halber Sauerteigreife. Brot u. Gebäck, Bd. 10, No 7, 1956.

320. Stephan H., Die Brotqualität in Abhängigkeit von Backzeit und Backtemperatur. Brot u. Gebäck, 10, No 7, 1956.

321. Stephan H., Untersuchungen über Zweistufigen Sauerteigföbrangen. Bäcker u. Konditor, No 2, 1957.

322. Svenson J., Neuere Erkenntnisse über den Einfluss der Bäckerhefe auf die Backfähigkeit des Mehles. Getreide u. Mehl Heft 3, 1955.

323. Täufel K., Pohloudek—Fabini R., Das Auftreten von Acetom und Diacetyl im fadenziehenden Brot. Z. Lebensmittel-Untersuch. u. Föisch, 103, No 6, 1956.

324. Täufel K., Behnke U., Citronensäurebilanz bei der Teiglockerung durch Sauerteig bzw. durch Hefe. Lebensmitteluntersuch und Forsch. 105, No 4, 1957.

325. Thomas B., Rothe M., Versuche zur Erfassung des Aromagehaltes von Brot. Brot u. Gebäck, 10, No 8, 1956.

326. Wehmer C., Die Pflanzenstoffe, B. 1, 1929.

327. Wernicke W., Wesen und Bedeutung der Quellmehle. Bäcker u. Konditor, 8, No 1, 1954.

328. Wissing O., Die Ausstellung eines Sauerteigschemas. Bäcker u. konditor, 10, No 1, 17—19, 1956.

329. Wolfer K., Zeitnahe Fragen der Brotherstellung. Brot u. Gebäck, 10, No 9, 1956.

330. Zeutner H., The role of starch in the formation of the bread crum. Australias Baker and Millers J., 58, No, 698, 1955.

## СОДЕРЖАНИЕ

От автора . . . . .	3
<i>Глава I</i>	
Рожь как растение и зерно ржи . . . . .	4
Происхождение сорно-полевой и культурной ржи . . . . .	4
Зерно . . . . .	6
Соотношение составных частей зерна ржи . . . . .	9
Сорта ржи . . . . .	10
Болезни ржи . . . . .	12
Стандартизация ржи . . . . .	12
Характеристика ржи по основным показателям . . . . .	13
Созревание зерна ржи . . . . .	15
Прорастание зерна ржи . . . . .	19
Улучшение качества проросшего зерна ржи . . . . .	22
Размол ржи . . . . .	23
Изменения, происходящие в ржаной муке при отлежке . . . . .	26
<i>Глава II</i>	
Химический состав ржи и ржаной муки . . . . .	29
Общие сведения . . . . .	29
Азотистые вещества ржи . . . . .	32
Состав белков ржи . . . . .	32
Углеводы . . . . .	34
Жиры, витамины и минеральные вещества . . . . .	37
Жиры . . . . .	37
Витамины . . . . .	38
Минеральные вещества . . . . .	39
Химический состав ржаной муки разных выходов . . . . .	40
Краткие выводы . . . . .	41
<i>Глава III</i>	
Образование теста . . . . .	42
Влияние составных частей теста на процесс его образования . . . . .	42
Вода . . . . .	42
Мука . . . . .	42
Поваренная соль . . . . .	51
Улучшители . . . . .	54
Примеси других видов муки . . . . .	55
Влияние различных факторов на коллоидные свойства теста . . . . .	57
Строение и свойства ржаного теста . . . . .	60
Краткие выводы . . . . .	61
<i>Глава IV</i>	
Биохимия брожения ржаного теста . . . . .	62
Спонтанное брожение . . . . .	62
Микрофлора зерна и муки . . . . .	63

Молочнокислые бактерии . . . . .	65
Дрожжи заквасок . . . . .	68
Химические изменения, происходящие в тесте при брожении . . . . .	72
Причины, влияющие на образование молочной и летучих кислот . . . . .	74
Изменения в тесте во время брожения под влиянием ферментов и микроорганизмов . . . . .	77
Изменение химического состава теста при брожении . . . . .	86
Краткие выводы . . . . .	92

Глава V

Условия, влияющие на процесс приготовления ржаного теста . . . . .	94
Фазность . . . . .	94
Консистенция заквасок . . . . .	97
Температура закваски и теста . . . . .	100
Способы образования микрофлоры теста . . . . .	110
Механическое воздействие на тесто . . . . .	114
Краткие выводы . . . . .	116

Глава VI

Выпечка . . . . .	118
Теплофизические процессы . . . . .	118
Изменение крахмала при выпечке . . . . .	128
Изменение белков при выпечке . . . . .	134
Сохранность витаминов при выпечке . . . . .	137
Коллоидные процессы при выпечке . . . . .	137
Ферменты и микроорганизмы при выпечке . . . . .	140
Процессы в наружном слое хлеба . . . . .	144
Другие вопросы, связанные с выпечкой ржаного хлеба . . . . .	149
Приготовление заварки . . . . .	150
Краткие выводы . . . . .	152

Глава VII

Готовый хлеб . . . . .	154
Черствение хлеба . . . . .	156
Дефекты ржаного хлеба . . . . .	157
Ржаной хлеб в питании . . . . .	157
Роль фитазы в пищевой ценности ржаного хлеба . . . . .	159
Аромат и вкус ржаного хлеба . . . . .	160
Краткие выводы . . . . .	164

Глава VIII

Продукты из ржаной муки и ржи . . . . .	165
Ржаные и ржано-пшеничные сухари . . . . .	165
Красный ржаной солод . . . . .	169
Сухие ржаные закваски . . . . .	172
Другие продукты из ржи и ржаной муки . . . . .	180
Зародыш ржаного зерна . . . . .	181
Ржаной крахмал . . . . .	181
Набухающая мука . . . . .	181
Краткие выводы . . . . .	182
Литература . . . . .	184

Борис Георгиевич Сарычев

Технология и биохимия  
ржаного хлеба

Редактор *О. И. Мурашева*  
Техн. редактор *И. А. Соколова*

T-07395 Сдано в набор 30/IV-1959 г.  
Подписано к печати 13/VII-1959 г.  
Формат 60×92<sup>1/16</sup> Уч.-изд. л. 13,32  
Объем 12,5 п. л. Тираж 2000 экз.  
Цена 7 р. 70 к. Изд. № 3571/1  
Пищепромиздат Заказ 608

Типография Московской картонажной ф-ки,  
Павелецкая набережная, дом 8.