

Г.О. Магомедов, Е.И. Пономарева, Л.Ю. Рязанова, О.В. Прибыткова

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СБИВНОГО БЕЗДРОЖЖЕВОГО ТЕСТА ДЛЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРОЛОНГИРОВАННОГО СРОКА ГОДНОСТИ

Представлены результаты влияния различных технологических приемов, способствующих увеличению сроков годности хлебобулочных изделий, на микроструктуру бездрожжевых сбивных полуфабрикатов. Установлено, что изменение температуры теста и внесение дополнительных рецептурных компонентов существенно влияют на его микроструктуру и качество готового изделия. Использование выбранных способов позволяет уменьшить черствение хлеба в процессе хранения и продлить его сроки годности до 5–7 сут.

Черствение, микроструктура, бездрожжевой хлеб.

Механизм образования теста, приготовленного по традиционной технологии, известен и представляет собой ряд био- и физико-химических изменений. При этом, поглощая воду, частицы белка и крахмала сильно увеличиваются в объеме, слипаются друг с другом и формируют непрерывную структуру теста. Крахмальные зерна оказываются включенными в белковую матрицу наряду с другими нерастворимыми компонентами муки – отрубистыми частицами [1]. При выпечке хлеба структура крахмала и белка изменяются, в них образуются микропустоты, являющиеся резервуарами для влаги. Часть молекул воды связана термодинамически, другая в виде осмотически связанной распределяется в межмолекулярных пространствах денатурированного белка и клейстеризованного крахмала. В результате охлаждения гидратированная амилоза высвобождает влагу и затвердевает в виде геля, что приводит к черствению хлеба.

Учеными Воронежской государственной технологической академии разработана технология производства бездрожжевых хлебобулочных изделий пролонгированного срока годности путем механического разрыхления. К сбивным бездрожжевым хлебобулочным изделиям относятся изделия, полученные механическим способом и разрыхленные под действием диоксида углерода, кислорода или воздуха, поступающих под давлением или разрежением в тестомесильную машину при его сбивании. Основными требованиями, предъявляемыми к качеству сбивных бездрожжевых хлебобулочных изделий, являются оптимальные значения показателя, характеризующего степень разрыхленности теста: объемная масса ( $0,3\text{--}0,6 \text{ кг/см}^3$ ), удельный объем хлеба (не менее  $200 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ ).

С целью более полного раскрытия механизма замедления черствения разработанных бездрожжевых изделий необходимы исследования микроструктуры, подтверждающие предполагаемые изменения основных органических веществ теста.

Сущность данной технологии заключается в сбивании рецептурных компонентов при температуре  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  в установке периодического действия под давлением сжатого воздуха  $0,4 \text{ МПа}$ , что вызывает значительные изменения крахмальных зерен, снижающих черствение.

В результате интенсивной термической и механической обработки при замесе и сбивании бездрожжевого теста при температуре  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  активно протекают основные процессы, характерные для начального периода выпечки хлеба: клейстеризация, гидролиз крахмала и денатурация белков. При этом структурообразование сбивного полуфабриката осуществляется за счет возникновения термодинамически выгодных в данных условиях коагуляционных контактов между основными составляющими теста, приводящими к образованию пенообразной структуры.

Известно, что качество хлеба при механическом способе разрыхления теста обеспечивается главным образом качеством получаемой пены, ее разрыхленностью, насыщенностью воздухом. Об этом можно судить по значениям объемной массы теста после сбивания. Предварительно проведенными исследованиями определено, что температура, при которой происходит замес и сбивание теста, существенно влияет на его пенообразование и качество получаемых изделий.

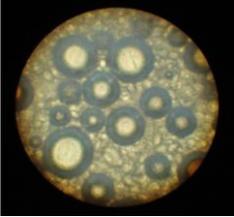
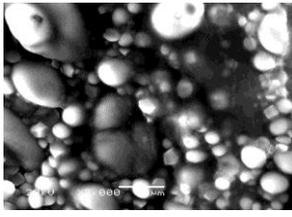
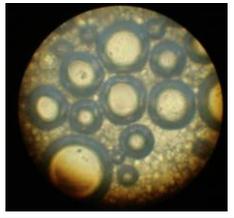
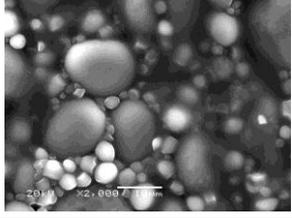
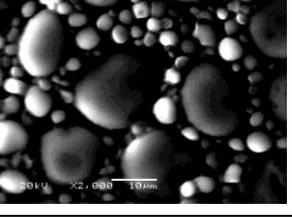
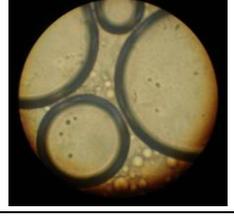
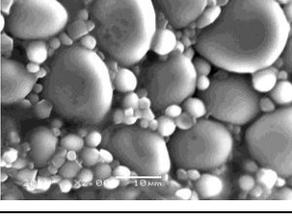
Для создания продукта с пролонгированными сроками годности тесто замешивали механическим способом разрыхления при частоте вращения месильного органа –  $5,0 \text{ с}^{-1}$  в течение 7,0 мин, сбивали – при  $9,2\text{--}13,5 \text{ с}^{-1}$  в течение 5,0 мин с темперирующей рубашкой температурой 20, 30, 40 и  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Воду на замес вносили температурой, соответствующей температуре рубашки. Кроме того, в рецептуру дополнительно вводили амилолитический ферментный препарат Fungamyl компании Novozymes (основной компонент – мальтогенная  $\alpha$ -амилаза, активность –  $7460 \text{ ед/см}^3$  и незначительная фракция протеиназ), ржаной ферментированный солод взамен пшеничной муки, а также заваривали 15 % муки, идущей на замес.

Целью работы являлось исследование влияния температуры замеса и сбивания, а также указанных выше способов приготовления хлебобулочных изделий на микроструктуру теста после сбивания. Оценка сбивных полуфабрикатов осуществлялась по значениям дисперсности воздушных пузырьков микроскопическим методом с помощью линейного окулярмикроскопа, микроструктуры – с помощью сканирующей микроскопии на приборе JSM-5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2201 JEOL, объемной массы – волюмометрическим спо-

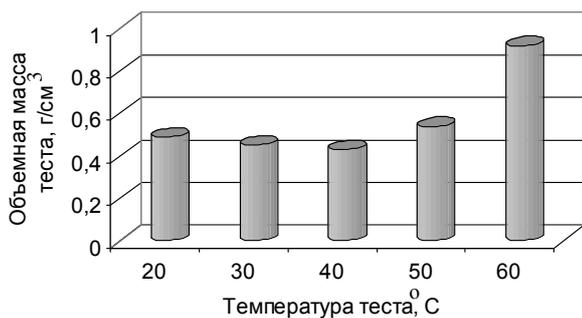
собом. Оценку полученных хлебобулочных изделий проводили по значениям пористости – на приборе Журавлева и удельного объема – по методике, описанной в пособии [2].

Известно, что плотность теста (его объемная масса), а следовательно и пористость изделия, зависят от размера, равномерности и скопления воздушной фазы (см. таблицу).

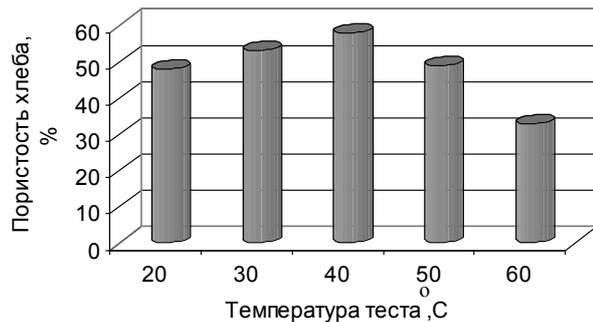
Характеристика микроструктуры сбивного бездрожжевого теста в зависимости от температуры

Температура теста, °С	Структура воздушных пузырей (× 100)	Фотографии микроструктуры теста (× 2000)	Размер воздушных пузырьков, мкм	Количество воздушных пузырьков, %
20			до 15	21,5
			15–20	34,3
			20–25	31,5
			25–40	7,6
			40–50	5,1
			50–65	–
30			до 15	24,6
			15–20	42,3
			20–25	18,6
			25–40	11,0
			40–50	3,5
			50–65	–
40			до 15	–
			15–20	5,6
			20–25	33,0
			25–40	45,6
			40–50	12,6
			50–65	3,2
50			до 15	–
			15–20	2,2
			20–25	23,9
			25–40	39,1
			40–50	26,1
			50–65	8,7

Результаты исследования объемной массы теста, пористости и удельного объема изделия представлены на рис. 1.



а



б

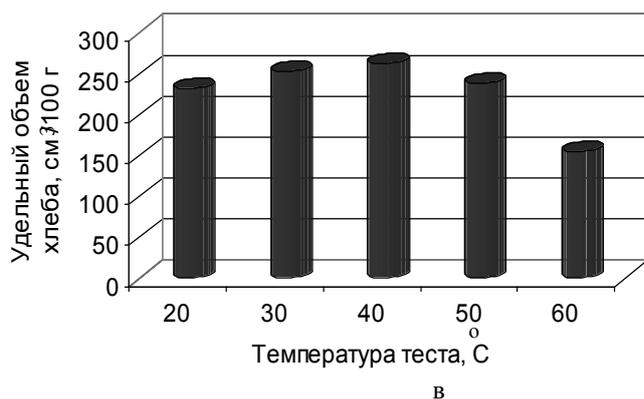
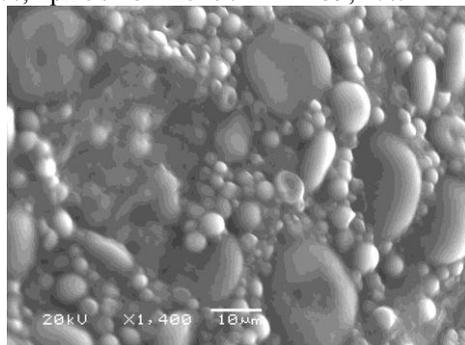


Рис. 1. Влияние температуры теста на: а – объемную массу теста; б – пористость хлеба; в – удельный объем хлеба

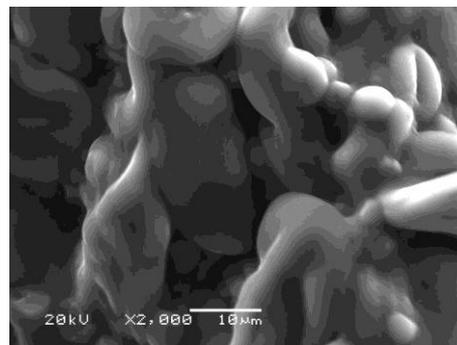
Наименьшей объемной массой и лучшей пористостью характеризовался образец теста, замешанный при температуре 40 °C (0,43 г/см<sup>3</sup> и 58 % соответственно). Полученные изменения можно объяснить ранее установленным фактом, что увеличение температуры до некоторого предела способствует улучшению свойств пластичности и упругости теста, что, в свою очередь, благотворно влияет на пенообразование и повышает ее устойчивость. Однако замес и сбивание теста при 50 °C также обеспечивают показатели качества, предъявляемые к сбивным бездрожжевым хлебобулочным изделиям, а главное, в большей степени способствуют снижению черствения мякиша хлеба, что подтверждено результатами дополнительных исследований.

На микрофотографиях сбивного теста температурой 50 °C видны следы воздействия амилолитических ферментов в виде небольших углублений в крахмальных зернах. В условиях интенсивного замеса и сбивания теста при 50 °C вода, поступающая внутрь крахмальных зерен, растворяет часть полисахаридов. Наибольшее их количество (в основном амилоза) переходит в окружающую среду, что и вызывает частичный распад цепей крахмальных полисахаридов.

Выявлено, что с увеличением температуры теста возрастает средний размер воздушных пузырьков и изменяется их дисперсность. Так, для теста температурой 20–30 °C основная масса пузырьков характеризуется размерами от 15 до 25 мкм и составляет 34,3–42,3 % от их общего количества; при 40 °C – 25–40 мкм и 45,6 %; при 50 °C – 25–50 мкм и 39,1 %.



а



б

Полученные результаты основываются на возросшем внутреннем давлении внутри пузырьков с усилением термической обработки теста.

На фотографиях микроструктуры образцов сбивного теста видны зерна крахмала разного размера: более крупные – при температуре теста 40 и 50 °C, более мелкие – при невысоких температурах, окруженные белком в виде набухших глобул. С увеличением температуры полуфабриката возрастает проникновение диссоциированных молекул горячей воды между плотно упакованными крахмальными полисахаридами, уменьшается прочность водородных связей, т.е. усиливается набухание крахмала и увеличиваются его размеры.

Для изучения влияния амилолитического ферментного препарата Fungamyl, сухого ржаного ферментированного солода и пшеничной неосахаренной заварки на микроструктуру сбивного полуфабриката (рис. 2) готовили образцы теста согласно разработанным по техническим условиям рецептурам: ТУ 9110-023-02068108-2009 хлеб бездрожжевой «Санлеван» – с ферментным препаратом Fungamyl, ТУ 9297-034-02068108-2010 хлеб бездрожжевой «Вечерок» – с сухим ржаным ферментированным солодом и ТУ 9297-050-02068108-2010 хлеб бездрожжевой «Були» – с пшеничной неосахаренной заваркой. В качестве образца для сравнения был выбран полуфабрикат, приготовленный по ГОСТ 26987-86, хлеб белый из муки пшеничной первого сорта.

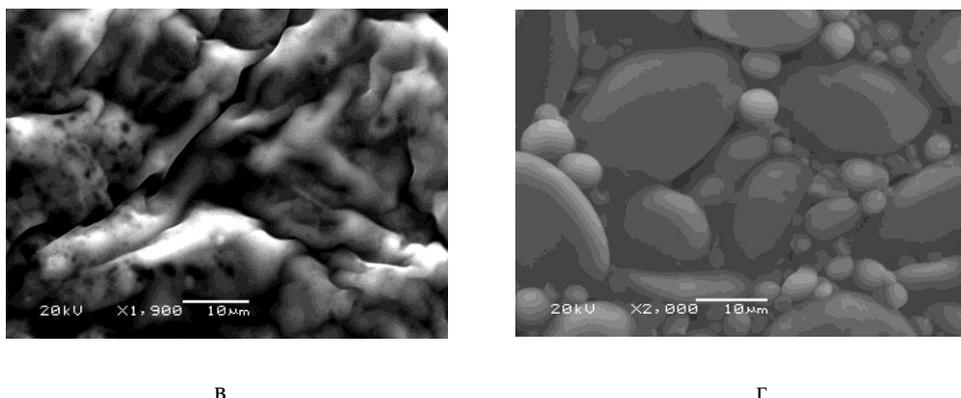


Рис. 2. Фотографии микроструктуры образцов теста для хлеба: а – «Вечерок»; б – «Були»; в – «Санлеван»; г – белый из пшеничной муки первого сорта

Из рис. 2 видно, что в образцах с ферментированным солодом на фоне набухших белковых глобул и деформированных в результате гидролиза крахмальных зерен заметны участки клейстеризованного крахмала. На фотографиях микроструктуры теста с внесением ферментного препарата и завариванием 15 % муки зерна крахмала под действием ферментов и температуры деформировались, потеряв свою четкую форму и образовав расплывчатую структуру.

При этом белок пшеничной муки денатурирует и совместно с крахмалом образует конгломераты, вокруг которых отсутствуют белковые глобулы. В большей степени структура теста меняется под действием ферментного препарата, о чем свидетельствует аморфная консистенция белка и крахмала. Однако остается незначительное количество нативных крахмальных зерен, способных к ретроградации в процессе хранения. Проанализировав полученную микроструктуру теста для хлеба белого из пшеничной муки первого сорта, следует отметить ее схожесть со структурой, характерной при сбивании теста только при повышенных температурах, без внесения дополнительных рецептурных компонентов.

### Выводы

Результаты исследований показали, что увеличение температуры теста и внесение амилолитического ферментного препарата Fungamyl, сухого ржаного ферментированного солода и пшеничной неосахаренной заварки существенно изменяет следующие показатели.

1. Микроструктура сбивного полуфабриката. Максимальное деформирование структуры белок – крахмал в сбивном тесте наблюдалось в образцах с внесением ферментного препарата и пшеничной заварки. На микрофотографиях полученных образцов отчетливо видны следы воздействия амилолитических ферментов на крахмал, что позволяет предположить о более интенсивном его гидролизе, а следовательно, о замедлении степени ретроградации крахмала мякиша хлеба в процессе хранения.

2. Пенообразование и качество хлеба. Известно, что интенсификация гидролиза крахмала способствует увеличению массовой доли веществ, обладающих поверхностно-активными свойствами и способствующих пенообразованию [2]. Установлено, что снижение объемной массы происходит на 2,3 % при возрастании температуры до 40–45 °С. Улучшение данного показателя благотворно влияет на удельный объем хлеба после выпечки. Отмечено его увеличение на 16 % по сравнению с замесом теста при 20 °С.

### Список литературы

1. Козьмина, Н.П. Биохимия хлебопечения / Н.П. Козьмина. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 280 с.
2. Пашенко, Л.П. Практикум по технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий (технология хлебобулочных изделий): учеб. / Л.П. Пашенко, Т.В. Санина и др. – М.: КолосС, 2006. – 215 с.

ГОУ ВПО «Воронежская государственная технологическая академия»,  
394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, д. 19.  
Тел./факс: (4732) 55-42-67  
e-mail: post@vgt.a.vrn.ru

### SUMMARY

G.O. Magomedov, E.I. Ponomareva, L.I. Ryazanova, O.V. Pribytkova

#### Study of Microstructure of Aerated Unleavened Dough for Bakery Goods of Prolonged Shelf-Life

The results of the influence of various technological methods promoting the increase of bakery goods shelf-life on microstructure of yeastless aerated semi-finished products are presented. It has been established that the change of

dough temperature and addition of extra recipe components influence essentially its microstructure and the quality of a finished product. The use of chosen methods allows to reduce bread staling in the course of storage and to prolong its shelf-life up to 5–7 days.

Bread staling, microstructure, yeastless bread.

Voronezh State Technological Academy  
19, Revolution Avenue, Voronezh, 394000, Russia  
Phone/Fax: (4732) 55-42-67  
e-mail: post@vgt.vrn.ru

