

УДК 633.1:539.24:543.063

Профессор Е. И. Пономарева, доцент Н. Н. Алехина,
доцент Т.Н. Малютина, соискатель И.А. Журавлева
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского
и макаронного производств. тел. (473) 255-38-51
E-mail: Nadinat@yandex.ru

Professor E.I. Ponomareva, associate Professor N.N. Alekhina,
associate Professor T.N. Malyutina, applicant I.A. Zhuravleva
(Voronezh state university of engineering technology) Department of technology of bread,
macaroni and confectionery. phone (473) 255-38-51
E-mail: Nadinat@yandex.ru

Влияние способа подготовки зерна ржи на его микроструктуру и показатели безопасности

Effect of the method of preparation of rye grain on its microstructure and safety indicators

Реферат. Одним из основных вопросов в хлебопекарной промышленности в настоящее время является разработка и внедрение новых видов изделий повышенной пищевой ценности. К перспективному направлению обогащения продуктов относится использование целых зерновых культур. В настоящее время актуальным является вопрос расширения ассортимента хлебобулочных изделий функциональной направленности путем применения целого зерна ржи. Расширить ассортимент хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки можно за счет применения целого зерна ржи. Немецкой фирмой «Ирекс» разработан способ приготовления изделий из смеси ржаной и пшеничной муки с добавлением целого подкисленного зерна ржи «Сафткаорн». В ходе эксперимента проводили определение микроструктуры, содержания токсичных элементов (кадмий, свинец, ртуть, мышьяк) и микробиологических показателей зерна ржи «Сафткаорн» и «Авангард». Исследованы микроструктура и показатели безопасности зерна, подготовленного разными способами. Установлено различие в микроструктуре зерна ржи «Сафткаорн» (Германия) и «Авангард» (Россия). Доказано, что их микробиологические показатели находились в допустимых пределах.

Summary. One of the main issues in the baking industry is currently the development and introduction of new products increased nutritional value. By promising area of enrichment products include the use of whole grains. Currently pressing issue is expanding the range of bakery products by applying the functional orientation of the whole grain rye. Expand the range of bread from a mixture of rye and wheat flour can be due to the use of whole grain rye. German company "Irex" developed a method of preparing a mixture of products from rye and wheat flour with the addition of acidified whole rye "Saftkorn." The experiment was conducted microstructure definition, content of toxic elements (cadmium, lead, mercury, arsenic) and microbiological indicators rye "Saftkorn" and "Avanguard". The microstructure and grain safety performance prepared in different ways. The difference in the microstructure of rye "Saftkorn" (Germany) and "Avanguard" (Russia). Proven that their microbiological parameters were within acceptable limits.

Ключевые слова: зерно ржи, микроструктура, микробиологическая чистота, функциональные продукты

Keywords: rye grain microstructure, microbiological purity, functional foods

Одним из основных вопросов в хлебопекарной промышленности в настоящее время является разработка и внедрение новых видов изделий повышенной пищевой ценности. К перспективному направлению обогащения продуктов относится использование целых зерновых культур.

Медицинские требования науки о здоровом питании по увеличению потребления изделий из смеси ржаной и пшеничной муки, обладающих полезными свойствами и более низкой стоимостью, многими предприятиями РФ не достигнуты. Поэтому, несмотря на многообразие хлебобулочных изделий массового потребления из смеси ржаной и пшеничной муки и предлагаемых новых, явно недостаточно обновляется ассортимент за счет прогрессивных технологий и решение данных вопросов является актуальным.

Расширить ассортимент хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки можно за счет применения целого зерна ржи. Немецкой фирмой «Ирекс» разработан способ приготовления изделий из смеси ржаной и пшеничной муки с добавлением целого подкисленного зерна ржи «Сафткаорн».

На кафедре «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» Воронежского государственного университета инженерных технологий разработаны технологии хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки с внесением целого предварительно набухшего зерна ржи «Авангард», отличающиеся способом его подготовки: 1 – с применением ферментного препарата «ВискоСтар 150Л»; 2 – с выдерживанием в культуральной среде с молочнокислыми бактериями *L. plantarum*-38.

© Пономарева Е.И., Алехина Н.Н.,
Малютина Т.Н., Журавлева И.А., 2014

Полученные способы позволили получить зерно, которое по твердости незначительно отличалось от зерна «Сафторн» [1]. Однако последнее обладало меньшей твердостью, что, по-видимому, обусловлено его микроструктурой.

С увеличением влажности зерна свыше 15,5 % активность амилалитических, протеолитических, липолитических и других ферментов возрастает, что способствует постепенному накоплению продуктов гидролиза крахмала, белка и жира. Это приводит к изменению микроструктуры и технологических свойств зерна.

Кроме того, набухшее зерно является благоприятной средой для развития микроорганизмов.

Поэтому целью исследований явилось изучение влияния способов подготовки зерна ржи на его микроструктуру и показатели безопасности.

В ходе эксперимента проводили определение микроструктуры, содержания токсичных элементов (кадмий, свинец, ртуть, мышьяк) и микробиологических показателей зерна ржи «Сафторн» и «Авангард».

Зерно ржи готовили тремя способами: 1 - зерно «Сафторн» предварительно выдерживали в воде температурой $(85 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 2 ч при гидромодуле 1:2; 2 - зерно ржи «Авангард» предварительно очищали от сорной и зерновой примеси, мыли и оставляли для набухания на 27 ч при $30-35^\circ\text{C}$ в электрохимически активированном водном растворе (ЭВР) ($\text{pH } 4,5-5,0$) с 0,8 % ферментного препарата (ФП) «ВискоСтар 150Л», после промывали питьевой водой; 3 - зерно «Авангард» увлажняли до влажности 44 % путем выдерживания в воде температурой $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч, после его промывали стерильной водой температурой $(75 \pm 5)^\circ\text{C}$ для обеззараживания и охлаждали до $35-40^\circ\text{C}$. Далее набухшее зерно ржи помещали в культуральную среду с молочнокислыми бактериями *L. plantarum*-38, выдержанными 96 ч (гидромодуль 1:2). Этот процесс осуществляли в термостате при 35°C в течение 72 ч. Обработанное зерно высушивали при температурах $40-60^\circ\text{C}$ до влажности $(20 \pm 2) \%$.

Микроструктуру зерна ржи получали с помощью электронного сканирующего микроскопа JSM-6380 LV (Япония, Jeol). Исследования проводили в низковакуумном режиме (60 Па) при увеличении в 500 и 1000 раз и ускоряющем напряжении 15 кВ.

Микробиологическую чистоту зерна оценивали путем определения в нем общего числа мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ), плесневых грибов и дрожжей.

Микроструктура поверхности зерна представлена на рисунке 1.

На электронных фотографиях видно, что плодовая оболочка зерна «Сафторн» разрушена в большей степени по сравнению зерном ржи «Авангард», подготовленного по второму и третьему способу.

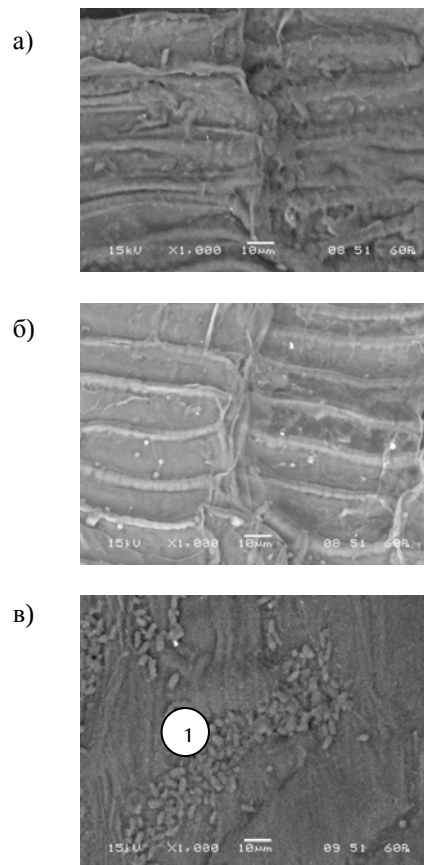
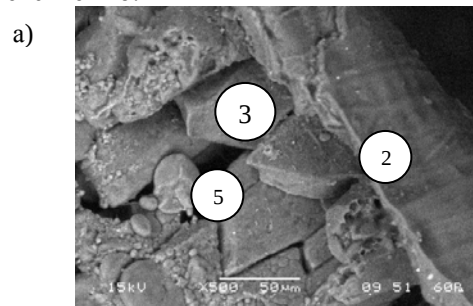


Рисунок 1. Поверхность целого зерна ржи ($\times 1000$), подготовленного по способу: а – 1, б – 2, в – 3 (1 – молочнокислые бактерии)

Также на поверхности подкисленного зерна ржи «Авангард» были обнаружены молочнокислые бактерии в виде палочек размером $(3-8) \times (0,7-1,0) \text{ мкм}$ (рисунок 1в).

Микроструктура оболочки и эндосперма зерна представлена на рисунках 2 и 3 соответственно.



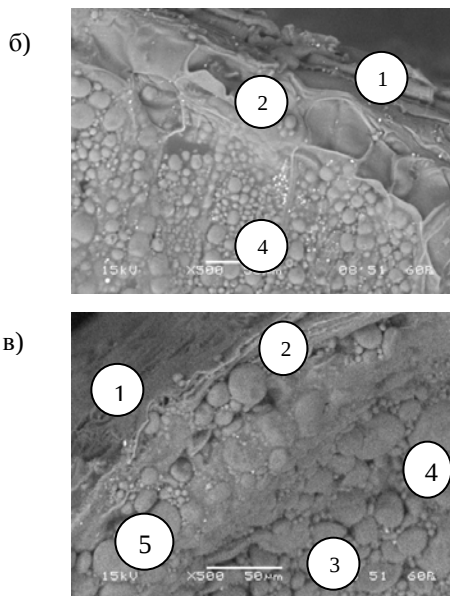


Рисунок 2. Оболочка зерна ржи ($\times 500$), подготовленного по способу: а – 1, б – 2, в – 3 (1 – плодовая оболочка, 2 – алейроновый слой, 3 – зерно крахмала, 4 – белковые глобулы, 5 – воздушные полости)

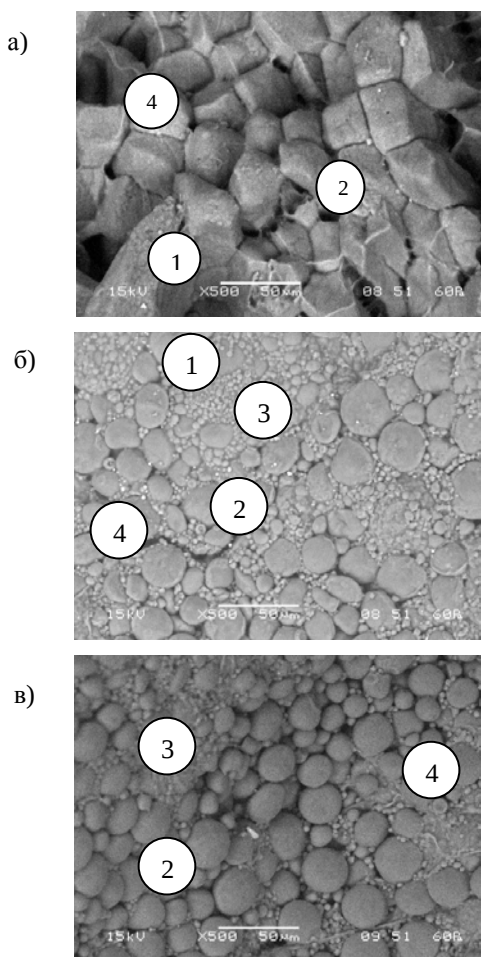


Рисунок 3. Центральная часть эндосперма подкисленного зерна ржи ($\times 500$), подготовленного по способу: а – 1, б – 2, в – 3 (1 – крупное зерно крахмала, 2 – мелкое зерно крахмала, 3 – белковые глобулы, 4 – воздушная полость)

Из рисунков 2 и 3 видно, что в клетках имеются пустоты. Это связано с тем, что белковая матрица частично израсходована на питание зародыша. Большее количество воздушных полостей наблюдается в зерне ржи «Сафторн».

При увлажнении зерна проникающая вода образует микротрещины, расклиная клетки. Набухание межклеточных и внутриклеточных веществ, имеющих различную биохимическую природу, происходит неравномерно и приводит к возникновению напряжений внутри тканей различных анатомических частей зерна.

В структуре клеток происходят сдвиги в результате возникших напряжений вследствие неравномерного набухания белковой матрицы 3 и зерен крахмала 1, 2 (рисунок 3). Природные связи между ними нарушаются и появляются воздушные полости 4, способствующие быстрой передаче влаги внутрь зерна. Данные процессы приводят к снижению твердости зерна [2].

Большая твердость зерна ржи «Авангард», приготовленного разными способами, объясняется более высоким содержанием оболочечных частиц и меньшим количеством воздушных полостей.

Полученные исследования согласуются с экспериментальными данными по определению предела прочности зерна, сделанными ранее [3].

В обоих образцах ржи «Авангард» содержится значительное количество крупных зерен крахмала размером около 25-35 мкм. В зерне ржи «Сафторн» они были значительно больше по размеру (38-58 мкм). Кроме того, крахмальные зерна ржи «Авангард», подготовленного разными способами, и «Сафторн» различаются по форме: у первых образцов они имеют сферическую форму, а у последнего – кристаллическую.

При использовании целого зерна в хлебопекарном производстве необходима дополнительная очистка его от минеральных примесей, вредителей, микроорганизмов и микотоксинов, в изобилии содержащихся на зерновой оболочке. Кроме того, набухание и прорастание зерна стимулируют активное развитие микроорганизмов [4].

Содержание токсичных элементов во всех образцах ржи не превышало требований СанПин 2.3.2.1078-01.

Однако в зерне ржи «Сафторн» их количество было незначительно меньше по сравнению с зерном ржи «Авангард». Это связано с тем, что рожь «Авангард» содержит больше оболочечных частиц (таблица 1).

Содержание токсичных элементов в зерне ржи

Токсичные элементы	Требования СанПин 2.3.2.1078-01, мг/кг, не более	Содержание токсичных элементов, мг/кг сухого вещества, в зерне ржи подготовленном по способам		
		1	2	3
Свинец	0,5	0,002	0,004	0,005
Кадмий	0,1	0,003	0,005	0,008
Мышьяк	0,2	менее 0,025	менее 0,025	менее 0,028
Ртуть	0,03	менее 0,0015	менее 0,0015	менее 0,002

Содержание МАФАНМ в зерне ржи «Авангард», подготовленном с 0,8 % ФП «ВискоСтар 150 Л» составляло $7,7 \cdot 10^5$ КОЕ/г, в подкисленном зерне ржи «Авангард» – $3,0 \cdot 10^2$ КОЕ/г, а в зерне «Сафторн» – $1,0 \cdot 10^1$ КОЕ/г.

Анализ зерна на такие микробиологические показатели, как БГКП, протей, дрожжи и плесени показал их отсутствие во всех образцах зерна (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Микробиологические показатели зерна ржи

Микробиологические показатели	Содержание токсичных элементов, мг/кг сухого вещества, в зерне ржи подготовленном по способам		
	1	2	3
МАФАНМ, КОЕ/г	$1,0 \cdot 10^1$	$7,7 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^2$
БГКП (коли-формы) в 0,01 г	Не выявлено		
Протей в 1 г	Не выявлено		
Дрожжи, КОЕ / г	Не выявлено		
Плесени, КОЕ / г	Не выявлено		

В ходе исследований были выявлены отличительные особенности в микроструктуре подкисленного зерна ржи «Сафторн» и «Авангард». Установлено, что в зерне «Сафторн» более сильно разрушена плодовая оболочка; на поверхности зерна, подготовленного с применением культуральной среды, находились молочнокислые бактерии; форма крахмальных зерен у зерен ржи «Авангард» сферическая, а у ржи «Сафторн» - кристаллическая.

Результаты микробиологического анализа показали, что в подготовленном зерне ржи «Авангард», выдержанном в ЭВР (рН 4,5-5,0) с 0,8 % ФП «ВискоСтар 150Л» и в культуральной среде с молочнокислыми бак-

териями содержание токсичных элементов и МАФАНМ выше, чем в зерне «Сафторн», что обусловлено меньшим содержанием в последнем плодовых и семенных оболочек.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывали, что предложенные выше способы подготовки зерна ржи «Авангард» позволяют применять его в технологии хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки наряду с использованием готового подкисленного зерна «Сафторн». Данные способы способствуют экономии основного сырья, повышению пищевой и биологической ценности изделий. Кроме того, придают изделиям диетическую и лечебно - профилактическую направленность.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Пономарева Е.И., Алехина Н.Н., Журавлев А.А. Изменение реологических свойств зерна в зависимости от параметров его подготовки // Кондитерская сфера. 2012. № 5. С. 58-61.
- 2 Попова Е. П. Микроструктура зерна и семян. М.: Колос, 1979. 224 с.
- 3 Логунова Л. В., Пономарева Е.И., Алехина Н.Н. Способы подготовки зерна ржи в технологии хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки // Хлебопродукты. 2012. № 2. С. 54-55.
- 4 Санина Т.В., Магомедов Г.О., Алехина Н.Н. Хлеб из биоактивированного зерна пшеницы. Воронеж.: ВГТА. 2008. 172 с.

REFERENCES

- 1 Ponomareva E.I., Alekhina N.N., Zhuravlev A.A. Change in the rheological properties of the grain, depending on the parameters of its preparation. *Konditerskaia sfera*. [Confectionery sector], 2012, no. 5. pp. 58-61.
- 2 Popova E. P. Mikrostruktura zrena i semian [Microstructure of grains and seeds]. Moscow, Kolos, 1979. 224 p.
- 3 Logunova L. V., Ponomareva E.I., Alekhina N.N. Methods for the preparation of rye bread in the technology of a mixture of rye and wheat flour. *Khleboprodukty*. [Bakery], 2012. no. 2. pp. 54-55.
- 4 Sanina T.V., Magomedov G.O. Khleb iz bioaktivirovannogo zerna pshenitsy [Bioactivated bread from wheat]. Voronezh, VGTA, 2008. 172 p.