







Разработка пектиносодержащего бездрожжевого (сбивного) хлеба

Зурет Н. Хатко	¹	znkhatko@mail.ru	 0000-0001-7097-1345
Газибег О. Магомедов	¹	gazibeck.magomedov@ya.ru	 0000-0002-7201-8387
Магомед Г. Магомедов	¹	mmg@inbox.ru	 0000-0003-2494-4973
Джамалудин М. Алиев	²	aliev_dzhamaludin@mail.ru	 0009-0005-8774-8787
Саида К. Кудайнетова	³	saidakudainetova@ya.ru	 0009-0006-1283-0740
Екатерина М. Колодина	⁴	goodwill_katya@mail.ru	 0009-0009-5349-1855







¹ Майкопский государственный технологический университет, ул. Первомайская, 191, г. Майкоп, Республика Адыгея, 385000, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост потребительского спроса на продукты здорового питания, что стимулирует активные исследования в области хлебопечения. Цель работы – исследование и разработка пектиносодержащего бездрожжевого (сбивного) хлеба. Объектами исследования являлись образцы бездрожжевого (сбивного) хлеба, полученные на авторской установке проф. Магомедова Г.О. и др. в лаборатории кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств ФГБОУ ВО «ВГУИТ» (г. Воронеж). Исследования проводились по общепринятым в пищевой промышленности стандартным методам в лаборатории кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания ФГБОУ ВО «МГТУ» (г. Майкоп). Установлено, что сбивание рецептурных компонентов для сбивного хлеба в комплексе с пектиновыми веществами способствует созданию стабильной структуры. Показано преимущественное влияние на органолептические показатели хлеба при использовании набухших пектинов по сравнению с сухим и контрольным образцом. Влияние состояния пектина (сухой, набухший) на пористость носит неоднозначный характер и зависит от типа используемых пектиновых веществ. Микроскопическое исследование выявило существенные различия в структуре мякиша хлеба по вариантам, которые проявляются в различном распределении плотных и рыхлых пор. Это связано с видом пектина, что подтверждает его влияние на формирование структурных свойств хлеба при одинаковых условиях приготовления. Исследование сорбционной способности хлеба показало, что использование пектиновых веществ увеличивает этот показатель от 5 (контроль – без пектина) до 65 (ВЭП+НЭП сух.) мг ионов Pb²⁺/г пектина. Комбинация пектинов повышает сорбционную способность хлеба, что подтверждает синергический эффект действия.

Ключевые слова: бездрожжевой хлеб, пектиновые вещества, комбинации пектиновых веществ, дегустационная оценка, пористость, сорбционная способность.

Development of pectin-containing yeast-free (churned) bread

Zuret N. Khatko	¹	znkhatko@mail.ru	 0000-0001-7097-1345
Gazibeg O. Magomedov	¹	gazibeck.magomedov@ya.ru	 0000-0002-7201-8387
Magomed G. Magomedov	¹	mmg@inbox.ru	 0000-0003-2494-4973
Jamaludin M. Aliyev	²	aliev_dzhamaludin@mail.ru	 0009-0005-8774-8787
Saida K. Kudainetova	³	saidakudainetova@ya.ru	 0009-0006-1283-0740
Ekaterina M. Kolodina	⁴	goodwill_katya@mail.ru	 0009-0009-5349-1855

¹ Maikop State Technological University, Pervomaiskaya str., 191, Maikop, Republic of Adygea, 385000, Russia

² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. In recent decades, there has been a steady increase in consumer demand for healthy food products, which stimulates active research in the field of baking. The purpose of the work is the research and development of pectin-containing yeast-free (churned) bread. The objects of the study were samples of yeast-free (churned) bread obtained at the author's installation by Prof. Magomedova G.O. and others. in the laboratory of the Department of Technology of bakery, confectionery, pasta and grain processing industries of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "VGUIT" (Voronezh). The research was carried out using standard methods generally accepted in the food industry in the laboratory of the Department of Food Technology and Nutrition Organization of the Moscow State Technical University (Maikop). It has been established that the churning of prescription components for whipped bread in combination with pectin substances contributes to the creation of a stable structure. The predominant effect on the organoleptic parameters of bread when using swollen pectins compared with dry and control samples is shown. The effect of the state of pectin (dry, swollen) on porosity is ambiguous and depends on the type of pectin substances used. Microscopic examination revealed significant differences in the structure of the bread crumb according to the variants, which are manifested in the different distribution of dense and loose pores. This is due to the type of pectin, which confirms its effect on the formation of the structural properties of bread under the same cooking conditions. A study of the sorption capacity of bread showed that the use of pectin substances increases this indicator from 5 (control – without pectin) to 65 (VEP+NEP dry) mg of Pb²⁺ ions/g of pectin. The combination of pectins increases the sorption capacity of bread, which confirms the synergistic effect of the action.

Keywords: yeast-free bread, pectin substances, combinations of pectin substances, tasting assessment, porosity, sorption capacity.

Для цитирования

Хатко З.Н., Магомедов Г.О., Магомедов М.Г., Алиев Д.М., Кудайнетова С.К., Колодина Е.М. Разработка пектиносодержащего бездрожжевого (сбивного) хлеба // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 4. С. 20–28. doi:10.20914/2310-1202-2025-4-20-28

For citation

Khatko Z.N., Magomedov G.O., Magomedov M.G., Aliyev D.M., Kudaynetova S.K., Kolodina E.M. Development of pectin-containing yeast-free (churned) bread. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2025. vol. 87. no. 4. pp. 20–28. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2025-4-20-28

Введение

Современные потребители все больше внимания уделяют здоровому питанию, что создает потребность в пищевых продуктах функционального или специализированного назначения, обогащенных функциональными ингредиентами, в том числе пектинами.

В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост потребительского спроса на продукты здорового питания, что стимулирует активные исследования в области хлебопечения. Особое внимание уделяется разработке и совершенствованию технологий производства бездрожжевого хлеба, традиционно ассоциирующегося с плотным, слабо развитым мякишем. Однако современные представления о качестве подобной продукции кардинально изменились. Сегодня задача заключается не просто в исключении дрожжей из рецептуры, а в создании продукта с высокими органолептическими и структурно-механическими показателями, сопоставимыми с классическими дрожжевыми аналогами, либо обладающего уникальными потребительскими свойствами.

Продукты функционального и специализированного назначения можно получить не только за счет обогащения рецептур функциональными ингредиентами, но и разработкой технологий, обеспечивающих исключение из рецептуры некоторых компонентов. К таким относится бездрожжевая (сбивная) технология получения хлеба.

Исторически бездрожжевой хлеб производился с использованием химических разрыхлителей или физических методов. Однако его качество часто уступало дрожжевому хлебу.

Развитие биотехнологических подходов, основанных на применении разнообразных заквасок на основе молочнокислых бактерий и природных дрожжей, их ферментативная активность повлияла на качество хлеба. Параллельно развиваются направления, связанные с использованием ферментных препаратов, гидроколлоидов (пектиновые вещества [1] и др.) и современных физико-химических способов обработки сырья.

Сбивной способ приготовления теста позволяет получить продукт с нежной, пористой структурой без применения дрожжей, за счет механического сбивания [2].

Диспергационный метод, широко применяемый в промышленности для получения пен, основан на интенсивном перемешивании жидкости с пенообразователем. В ходе этого процесса происходит захват воздуха и его дробление на мелкие частицы. Часть работы, совершаемой при перемешивании, расходуется на увеличение свободной поверхностной энергии системы [3].

Существующие технологические приемы получения пен в общем случае классифицируются по двум группам факторов.

К первой группе относятся факторы, обусловленные самим пенообразователем – коллоидными ПАВ или высокомолекулярными соединениями. Среди последних наиболее эффективными являются полиэлектролиты, например, белки.

Вторая группа факторов определяется свойствами дисперсионной среды (жидкости). Ключевыми характеристиками здесь служат вязкость (прямо влияющая на устойчивость пены: чем она выше, тем стабильнее пена), водородный показатель (pH) и наличие низкомолекулярных электролитов. Следует отметить, что активная кислотность и электролиты, хотя формально и описывают дисперсионную среду, фактически воздействуют на пенообразователь, определяя его состояние и свойства [3].

Morreale F и др. изучили процесс обогащения безглютенового хлеба инулином [4].

Bojana Filipčev и др. изучено влияние замены гидроколлоидов (ксантановой камеди, гуаровой камеди, гидроксиметилцеллюлозы на шелуху семян подорожника) на текстуру мякиша, распределение воды и кинетику черствения безглютенового хлеба на основе смеси гречневой и рожковой муки [5].

Волков И.Е. и др. изучили возможность приготовления сбивного бездрожжевого теста при реализации метода механического рыхления, с помощью устройства, инициирующего кавитационные эффекты в толще теста путем возбуждения ультразвуковых колебаний [6].

Магомедов Г.О и др. [2] разработали технологию сбивного хлеба функционального назначения из муки цельнозернового зерна для повышения пищевой ценности.

Известен способ (RU 2793968 C1) получения сбивных хлебобулочных изделий, который включает дозирование рецептурных компонентов, замес теста, сбивание, формование и выпечку тестовых заготовок, которые формуют под избыточным давлением воздуха 0,5 МПа из камеры сбивания в хлебопекарные силиконовые формы, установленные в камере формования. Выпекают их в печи с одновременным СВЧ-конвективным нагревом с последующим отключением СВЧ-нагрева при достижении температуры 65–70 °С в центре мякиша хлеба. Изобретение позволяет увеличить выход хлебобулочных изделий, повысить качество структуры теста и сократить продолжительность процесса выпечки хлебобулочных изделий [7].

Пектиновые вещества способны влиять на формирование реологических свойств пищевых систем, в том числе теста для получения хлеба. Отмечается положительное влияние пектиновых веществ на реологию пищевых систем, включающих муку или мучные композиты с низким содержанием глютена или безглютеновые [8]. В связи с этим, изучение влияния пектиновых веществ на реологические свойства бездрожжевого теста представляет большой интерес.

Таким образом, исследования, направленные на разработку пектиносодержащего бездрожжевого (сбивного) хлеба являются актуальными с научной и практической точек зрения.

Цель работы – исследование и разработка пектиносодержащего бездрожжевого (сбивного) хлеба.

Объекты и методы

Объектами исследования являлись образцы бездрожжевого (сбивного) хлеба: 1 – без добавления пектинов (контроль); 2 – с добавлением сухого высокоэтерифицированного пектина (ВЭП сухой); 3 – с добавлением сухого низкоэтерифицированного пектина (НЭП сухой); 4 – с добавлением комбинации сухого низко- и высокоэтерифицированных пектинов (НЭП+ВЭП сухой); 5 – с добавлением набухшего высокоэтерифицированного пектина (ВЭП набухший); 6 – с добавлением набухшего низкоэтерифицированного пектина (НЭП набухший); 7 – с добавлением комбинации набухших низко- и высокоэтерифицированных пектинов (НЭП+ВЭП набухший).

Характеристика пектиновых веществ представлена в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристика пектиновых веществ

Table 1.

Characteristics of pectin substances

Наименование Name	Торговая марка, производитель Brand, manufacturer	Степень этерификации, % Degree of esterification, %
Яблочный пектин 1 (НЭП) Apple pectin 1 (NEP)	«Айдиго», Китай	45–49
Яблочный пектин 2 (ВЭП) Apple pectin 2 (VEP)	«VALDE», Германия	>50

Образцы сбивного хлеба получены на авторской установке проф. Магомедова Г.О. и др. в лаборатории кафедры технологии хлебопечкарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств ФГБОУ ВО «ВГУИТ» (г. Воронеж).

Исследования проводились по общепринятым в пищевой промышленности стандартным методам в лаборатории кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания ФГБОУ ВО «МГТУ» (г. Майкоп).

Замес теста производили на опытной установке ММС-50 [9].

Дегустационную оценку проводили по критериям с указанием коэффициентов весомости по ГОСТ ISO 6658–2016.

Микрофотографии получены на микроскопе медицинском «МИКМЕД-5» при увеличении 40-х.

Пористость хлеба измеряли на приборе Журавлева ПЖ-1М.

Исследование сорбционной способности (по отношению к ионам свинца) хлеба проведено трилонометрическим титрованием по методике Решетникова В.И.

Результаты и их обсуждение.

Вариант экспериментального состава пектиносодержащего бездрожжевого (сбивного) хлеба представлен на рисунке 1.

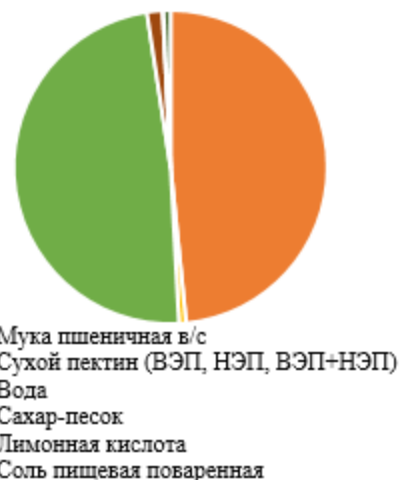


Рисунок 1. Экспериментальный состав пектиносодержащего бездрожжевого (сбивного) хлеба с добавлением пектинов

Figure 1. Experimental composition of pectin-containing yeast-free (whipped) bread with the addition of pectins

Способ приготовления пектиносодержащего сбивного хлеба включает замес теста из муки пшеничной в/с, пектиновых веществ, растворенных в воде сахара-песка и лимонной кислоты, соли пищевой поваренной, формование и выпечку.

Полученные образцы хлеба (общий вид, в разрезе) представлены на рисунке 2.

Как показывают данные рисунка 2, на серии фотографий представлены образцы хлеба, изготовленные с использованием различных видов и комбинаций пектинов, а также контрольный образец – без пектинов. Каждый

вариант представлен в двух видах: общий вид и в разрезе (для анализа состояния мякиша).

Результаты дегустационной оценки образцов пектиносодержащего бездрожжевого (сбивного) хлеба представлены в таблице 2.

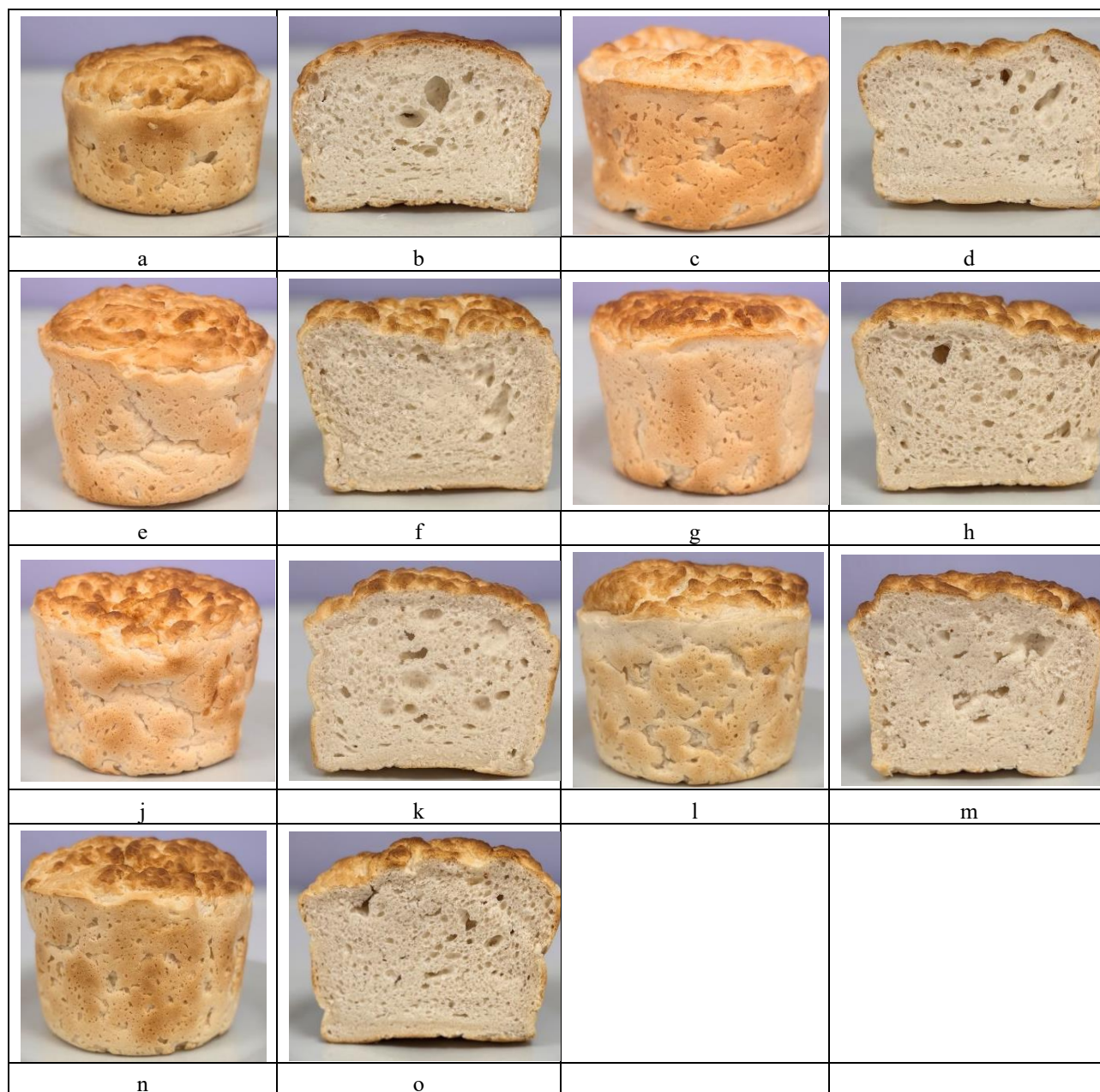


Рисунок 2. Образцы хлеба после выпечки: а – контроль; б – в разрезе; с – с ВЭП сухой; д – в разрезе; е – НЭП сухой; ф – в разрезе; г – с НЭП+ВЭП сухой; h – в разрезе; j – с ВЭП набухший; k – в разрезе; l – с НЭП набухший; m – в разрезе; n – с НЭП+ВЭП набухший, o – в разрезе

Figure 2. Bread samples after baking: a – control; b – in section; c – with VEP dry; d – in section; d – NEP dry; f – in section; g – with NEP+VEP dry; h – in section; j – with VEP swollen; k – in section; l – swollen with NEP; m – in section; n – with NEP+VEP swollen, o – in section

Таблица 2.

Результаты дегустационной оценки образцов пектиносодержащего бездрожжевого хлеба

Table 2.

The results of the tasting evaluation of samples of pectin-containing yeast-free bread

Образец Sample Отклонение (Δ) Derivation	Дегустатор Taster							Средний Балл Ave score
	1	2	3	4	5	6	7	
1 (контроль)	3,66	3,54	3,64	4,17	4,54	4,92	4,50	4,14
Δ	-0,48	-0,6	-0,5	+0,03	+0,4	+0,78	+0,36	-0,001
2	3,25	3,95	4,04	3,90	4,36	4,92	4,77	4,17
Δ	-0,92	-0,22	-0,13	-0,27	+0,19	+0,75	+0,6	0
3	3,23	4,36	4,04	4,05	4,77	4,92	4,80	4,31
Δ	-1,08	+0,05	-0,27	-0,26	+0,46	+0,61	+0,49	0
4	2,38	4,48	4,13	3,77	5,00	4,92	4,90	4,23
Δ	-1,85	+0,25	-0,1	-0,46	+0,77	+0,69	+0,67	-0,004
5	3,14	4,31	4,31	3,82	5,00	4,92	4,90	4,34
Δ	-1,2	-0,03	-0,03	-0,52	+0,66	+0,58	+0,56	0,003
6	3,90	4,31	4,21	3,90	4,67	4,92	4,82	4,39
Δ	-0,49	-0,08	-0,18	-0,49	+0,28	+0,53	+0,43	0
7	3,96	4,31	4,48	3,71	5,00	4,92	4,52	4,44
Δ	-0,48	-0,13	+0,04	-0,73	+0,56	+0,48	+0,08	-0,026

Более наглядно отражает результаты дегустационной оценки образцов лепестковая диаграмма (рисунок 3).

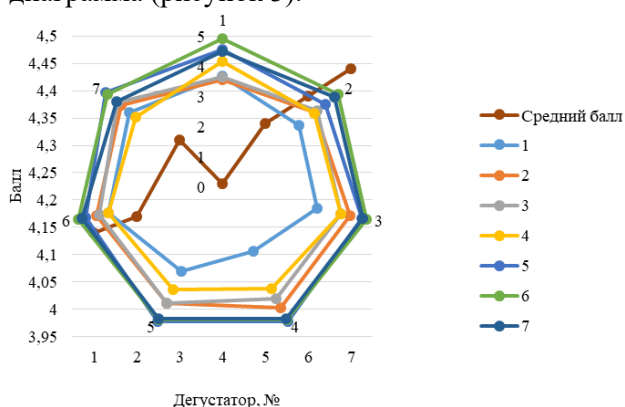


Рисунок 3. Лепестковая диаграмма дегустационной оценки образцов пектиносодержащего бездрожжевого хлеба

Figure 3. Petal diagram of the tasting evaluation of samples of pectin-containing yeast-free bread

Как показывают данные таблицы 2 и рисунка 3, образцы хлеба, в составе которого набухшие пектины самостоятельно и в комбинации, получили более высокие оценки по сравнению с вариантами, в которых сухие пектины. При этом мнения дегустаторов в наименьшей степени совпали при оценке образца 4, средний балл которого составляет 4,23, но при этом отклонения оценок самые большие: от -1,85 до +0,77; в наибольшей степени – при оценке образца 6, средний балл – 4,39, а диапазон отклонений относительно невелик (от -0,49 до +0,53).

Самый высокий средний балл имеет образец 7 (4,44), самый низкий – образец 1 (контроль) (4,14).

Определена пористость образцов пектиносодержащего бездрожжевого хлеба (рисунок 4).

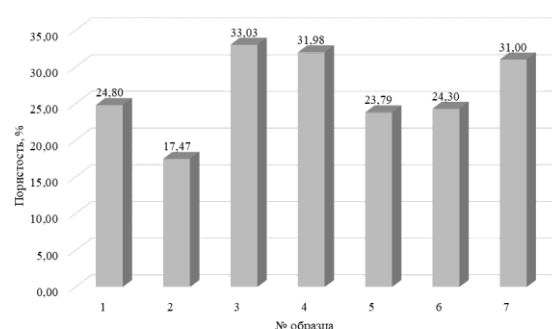


Рисунок 4. Пористость образцов пектиносодержащего бездрожжевого (сбивного) хлеба

Figure 4. Porosity of samples of pectin-containing yeast-free (churned) bread

Как показывают данные рисунка 4, разные виды пектинов и их комбинации по-разному влияют на пористость хлеба по вариантам. Нет однозначной картины влияния пектиновых веществ в зависимости от состояния «сухой» или «набухший». Так, значения пористости ниже контроля в вариантах – с ВЭП сухой и НЭП набухший. Большая активность набухшего пектина в сравнении с сухим проявляется только с ВЭП (2 и 5 варианты), в других – активнее сухие пектины (3 и 4 варианты).

ВЭП сухой (17,47 %) резко снижает пористость почти на 30 % по сравнению с контролем. Пористость ВЭП набухшего (23,79 %) практически идентична по сравнению с контролем (24,80 %). НЭП сухой (33,03 %) напротив, значительно увеличивает пористость (на 33 %), а набухание нивелирует его положительный эффект, т. к. высокий показатель (33,03 %) падает до уровня контроля (24,30 %).

Показатель пористости комбинации ВЭП+НЭП сухой (31,98 %) близок к результату НЭП и значительно выше контроля, что

демонстрирует доминирующее влияние НЭП в смеси на формирование пористости, при этом добавление ВЭП не оказывает негативного эффекта, а лишь немного снижает пористость по сравнению с НЭП. Набухшая комбинация сохраняет высокую эффективность (31,00 %),

хотя показатель и немного снижается по сравнению с сухой смесью (31,98 %).

Микрофотографии мякишей пектиносодержащего бездрожжевого (сбивного) хлеба представлены на рисунке 5.

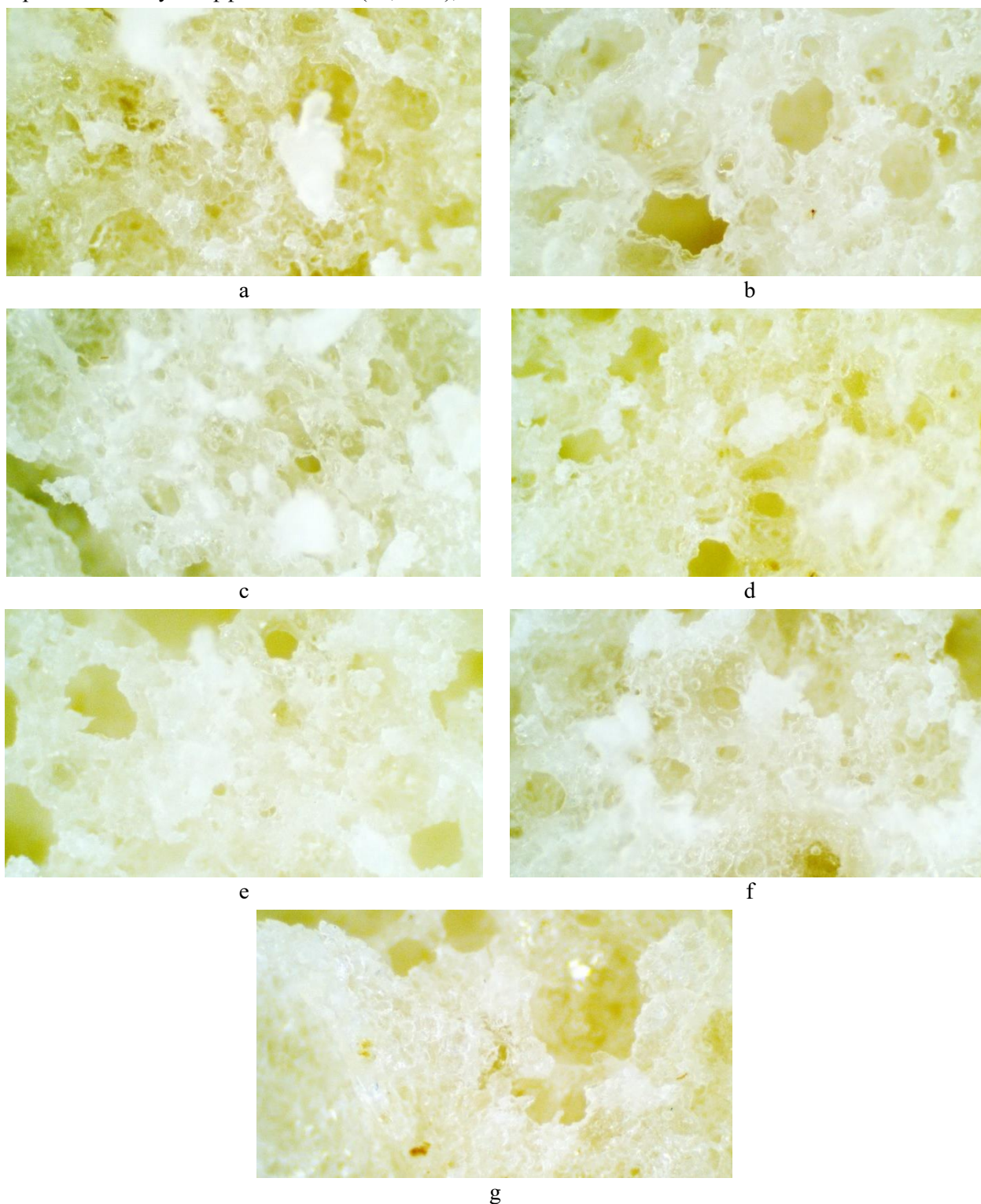


Рисунок 5. Микрофотографии мякишей пектиносодержащего бездрожжевого (сбивного) хлеба: а – контроль; б – с ВЭП сухой; с – с НЭП сухой; d – с НЭП+ВЭП сухой; e – с ВЭП набухший; f – с НЭП набухший; g – с НЭП+ВЭП набухший

Figure 5. Micrographs of the crumb of pectin-containing yeast-free (churned) bread: a – control; b – with dry VEP; c – with dry NEP; d – with dry NEP+VEP; e – with swollen VEP; f – with swollen NEP; g – with + NEPVEP is swollen

Как показывают данные рисунка 5, структура мякиша существенно различается между образцами, демонстрируя распределение плотных и рыхлых пор у каждого из них. Данные различия в гетерогенности пористости связаны с варьированием вида пектинов, который при прочих равных технологических параметрах определяет индивидуальные структурные свойства конечного продукта.

Сорбционная способность образцов пектинового бездрожжевого (сбивного) хлеба представлена в таблице 3.

Таблица 3.
Сорбционная способность образцов пектинового бездрожжевого (сбивного) хлеба

Table 3.
Sorption capacity of samples of pectin-containing yeast-free (churned) bread

Образец Sample	Количество ZnSO ₄ , мл (ср. знач.) Amount of ZnSO ₄ , ml (average value)	Сорбционная способность, мг ионов Pb ²⁺ /г пектина Sorption capacity, mg Pb ²⁺ ions/g pectin
Вода Water	16,0	–
контроль control	16,1	5
2	17,0	35
3	17,5	50
4	18,0	65
5	17,0	35
6	16,5	15
7	17,5	50

Как показывают данные таблицы 3, хлеб с НЭП сухой проявляет большую сорбционную способность (50), чем с ВЭП сухой (35). При использовании комбинации этих пектинов их сорбционная способность увеличивается (65), что подтверждает синергический эффект действия.

Для хлеба с ВЭП набухший значение сорбционной способности такое же, как и в сухом (35), для НЭП набухший значение ниже (15), а с комбинациями этих пектинов значение увеличивается (50), однако, оно равно значению НЭП без комбинации (50) и ниже, чем с комбинацией сухих (65).

Значения сорбционной способности хлеба по вариантам по убыванию можно расположить в ряд следующим образом:

ВЭП+НЭП сух. (65) > НЭП сух. (50),
ВЭП+ НЭП наб. > ВЭП сух., ВЭП наб. (35) >
НЭП наб. (15) > Контроль (5).

Заключение

1. Установлено, что сбивание рецептурных компонентов для сбивного хлеба в комплексе с пектиновыми веществами способствует созданию стабильной структуры.

2. Показано преимущественное влияние на органолептические показатели хлеба при использовании набухших пектинов по сравнению с сухими и контрольным образцом. Влияние состояния пектина (сухой, набухший) на пористость носит неоднозначный характер и зависит от типа используемых пектиновых веществ.

3. Микроскопическое исследование выявило существенные различия в структуре мякиша хлеба по вариантам, которые проявляются в различном распределении плотных и рыхлых пор. Это связано с видом пектина, что подтверждает его влияние на формирование структурных свойств хлеба при одинаковых условиях приготовления.

4. Исследование сорбционной способности хлеба показало, что использование пектиновых веществ увеличивает этот показатель от 5 (контроль – без пектина) до 65 (ВЭП+НЭП сух.) мг ионов Pb²⁺/г пектина. Комбинация пектинов повышает сорбционную способность хлеба, что подтверждает синергический эффект действия.

Благодарности

Исследование выполнялось за счет средств государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 1023122100005-9-2.9.1 «Высокоэффективные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, обеспечивающие экспортный потенциал: новые конкурентоспособные пищевые продукты, новые медицинские и косметические средства, инновационные технологии, пролонгирование сроков хранения продуктов». Авторы выражают особую благодарность ФГБОУ ВО «ВГУИТ» (г. Воронеж) за проведение лабораторных исследований.

Литература

- 1 Хатко З.Н., Баранов А.В., Куижева С.К. и др. Исследование влияния видов пектиновых веществ и их комбинаций на антиоксидантную активность и комплексообразующую способность для применения в пищевых системах // Ползуновский вестник. 2025. № 1. С. 168–177.
- 2 Магомедов Г.О., Хвостов А.А., Журавлев А.А. и др. Формирование структуры мякиша сбивного бездрожжевого хлеба при интенсивной СВЧ-конвективной выпечке // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 3. С. 426–438.
- 3 Хвостов А.А., Магомедов Г.О., Журавлев А.А. и др. Математическая модель процесса СВЧ и конвективной выпечки хлеба из сбивного теста // Техника и технология пищевых производств. 2024. Т. 54. № 1. С. 93–103.
- 4 Mohammadi F., Azizi M.H., Mohebbi M. et al. Inulin enriched wheat bread: Interaction of polymerization degree and fermentation type // Journal of Food Measurement and Characterization. 2021. V. 15. № 6. P. 5408–5417.
- 5 Filipčev B., Pojić M., Šimurina O. et al. Psyllium as an improver in gluten-free breads: Effect on volume, crumb texture, moisture binding and staling kinetics // LWT – Food Science and Technology. 2021. V. 151. P. 112131.

- 6 Волков И.Е., Романчиков С.А. Совершенствование технологии приготовления сбивного теста // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Махачкала, 09–10 ноября 2022 года). Махачкала: ООО «Издательство АЛЕФ», 2022. С. 123–126.
- 7 Пат. 2621997 Российская Федерация, МПК A21D 13/02. Способ производства сбивного хлеба из муки цельнозернового зерна тритикале / Г.О. Магомедов, Н.П. Зацепилина, Е.Э. Дзантиева и др.; заявитель ФГБОУ ВО «ВГУИТ». № 2016110823; заявл. 24.03.2016; опубл. 08.06.2017, Бюл. № 16.
- 8 Куижева С.К., Хатко З.Н., Колодина Е.М. Пектиносодержащие мучные кондитерские изделия с пониженным содержанием глютена. Майкоп: Изд-во «Магарин Олег Григорьевич», 2022. 124 с. ISBN 978-5-91692-946-1.
- 9 Хекилаева З.С., Гуриева А.Х. Применение яблочного пектина в рецептурах хлеба // Инновационные научные исследования. 2023. № 11. С. 45–55. doi: 10.5281/zenodo.8052760
- 10 Беляев А.Г. Исследование органолептических и физико-химических показателей хлеба, полученного с использованием солодовой и хмелевой заквасок, активизированных пектиновыми веществами // Новые концептуальные подходы к решению глобальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности в современных условиях: сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции (Курск, 2020 г.). Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. С. 78–83.
- 11 Rehberg L., Conway L. The Bread Machine Magic Book of Helpful Hints: Dozens of Problem-Solving Hints and Troubleshooting Techniques for Getting the Most Out of Your Bread Machine. New York: St. Martin's Griffin, 2024. 304 p.
- 12 Parapouli M., Vasileiadis A., Afendra A.S. et al. *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications // AIMS Microbiology. 2020. V. 6. № 1. P. 1–31.
- 13 Ковалева А.Е., Закина М.А., Пьяникова Е.А. и др. Сравнительный анализ хмелевых заквасок для цельнозернового хлеба // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84. № 4. С. 39–45.
- 14 Korniienko I.M., Mykoliv I.Y., Garkava K.H. et al. Spline model optimization of the biotechnological process of obtaining sourdough for bakery needs using functional components // Journal of Chemistry and Technologies. 2024. V. 32. № 4. P. 1073–1097.
- 15 Shevchenko A. Artichoke powder and buckwheat bran in diabetic bakery products // Bioenhancement and Fortification of Foods for a Healthy Diet / Ed. by [укажите редактора]. Boca Raton: CRC Press, 2022. P. 115–134.
- 16 Korniienko I.M., Kuznietsova O.O., Garkava K.H. Formation of individual human health: modern biotechnological trends in the use of probiotic microorganisms in functional sourdough bakery products. Riga: Publishing House "Baltija Publishing", 2023.
- 17 Shevchenko A., Fursik O., Drobot V. et al. The use of wastes from the flour mills and vegetable processing for the enrichment of food products // Bioconversion of Wastes to Value-added Products. Boca Raton: CRC Press, 2023. P. 1–35.
- 18 Zakina M.A., Kovaleva A.E., Pyanikova E.A. The development of a rye-wheat bread recipe using apple iodine pectin extract // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2020. V. 82. № 4. P. 202–206.
- 19 Smirnova T.B., Temereva I.V., Tolstoguzova T.T. The use of whole-ground amaranth flour in the production of bread // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 1052. № 1. P. 012027.
- 20 Akkozha I.S., Iztayev A., Yakiyayeva M.A. et al. Accelerated technology for bread preparation using activated water // Slovak Journal of Food Sciences. 2023. V. 17. P. 484–502. doi: 10.5219/1881

References

- 1 Khatko Z.N., Baranov A.V., Kuizheva S.K. et al. Study of the influence of types of pectic substances and their combinations on antioxidant activity and complexing ability for application in food systems. Polzunovsky Bulletin. 2025. no. 1. pp. 168–177. (in Russian)
- 2 Magomedov G.O., Khvostov A.A., Zhuravlev A.A. et al. Formation of crumb structure of whipped yeast-free bread during intensive microwave-convective baking. Technique and Technology of Food Production. 2022. vol. 52. no. 3. pp. 426–438. (in Russian)
- 3 Khvostov A.A., Magomedov G.O., Zhuravlev A.A. et al. Mathematical model of the process of microwave and convective baking of bread from whipped dough. Technique and Technology of Food Production. 2024. vol. 54. no. 1. pp. 93–103. (in Russian)
- 4 Mohammadi F., Azizi M.H., Mohebbi M. et al. Inulin enriched wheat bread: Interaction of polymerization degree and fermentation type. Journal of Food Measurement and Characterization. 2021. vol. 15. no. 6. pp. 5408–5417.
- 5 Filipčev B., Pojić M., Šimurina O. et al. Psyllium as an improver in gluten-free breads: Effect on volume, crumb texture, moisture binding and staling kinetics. LWT – Food Science and Technology. 2021. vol. 151. p. 112131. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112131
- 6 Volkov I.E., Romanchikov S.A. Improvement of whipped dough preparation technology. Improving the quality and safety of food products: materials of the XII All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation (Makhachkala, November 9–10, 2022). Makhachkala: ALEF Publishing House LLC, 2022. pp. 123–126. (in Russian)
- 7 Magomedov G.O., Zatsopilina N.P., Dzantseva E.E. et al. Method for producing whipped bread from whole-ground triticale flour. Patent RF, no. 2621997, 2017. (in Russian)
- 8 Kuizheva S.K., Khatko Z.N., Kolodina E.M. Pectin-containing flour confectionery products with reduced gluten content. Maykop: Publishing House "Magarin Oleg Grigoryevich", 2022. 124 p. ISBN 978-5-91692-946-1 (in Russian)
- 9 Khekielava Z.S., Guriyeva A.Kh. Application of apple pectin in bread recipes. Innovative Scientific Research. 2023. no. 11. pp. 45–55. doi: 10.5281/zenodo.8052760 (in Russian)
- 10 Belyaev A.G. Study of organoleptic and physicochemical parameters of bread obtained using malt and hop sourdoughs activated with pectic substances. New conceptual approaches to solving the global problem of ensuring food security in modern conditions: collection of scientific articles of the VII International Scientific and Practical Conference (Kursk, 2020). Kursk: South-West State University, 2020. pp. 78–83. (in Russian)
- 11 Rehberg L., Conway L. The Bread Machine Magic Book of Helpful Hints: Dozens of Problem-Solving Hints and Troubleshooting Techniques for Getting the Most Out of Your Bread Machine. New York: St. Martin's Griffin, 2024. 304 p.

- 12 Parapouli M., Vasileiadis A., Afendra A.S. et al. Saccharomyces cerevisiae and its industrial applications. *AIMS Microbiology*. 2020. vol. 6. no. 1. pp. 1–31. doi: 10.3934/microbiol.2020001
- 13 Kovaleva A.E., Zakina M.A., Pyanikova E.A. et al. Comparative analysis of hop sourdoughs for whole grain bread. *Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2022. vol. 84. no. 4. pp. 39–45. (in Russian)
- 14 Korniienko I.M., Mykoliv I.Y., Garkava K.H. et al. Spline model optimization of the biotechnological process of obtaining sourdough for bakery needs using functional components. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2024. vol. 32. no. 4. pp. 1073–1097.
- 15 Shevchenko A. Artichoke powder and buckwheat bran in diabetic bakery products. *Bioenhancement and Fortification of Foods for a Healthy Diet*. Ed. by [Editor's Name]. Boca Raton: CRC Press, 2022. pp. 115–134.
- 16 Korniienko I.M., Kuznietsova O.O., Garkava K.H. Formation of individual human health: modern biotechnological trends in the use of probiotic microorganisms in functional sourdough bakery products. [Book Title]. Ed. by [Editor's Name]. Riga: Publishing House "Baltija Publishing", 2023. pp. [Page Range].
- 17 Shevchenko A., Fursik O., Drobot V. et al. The use of wastes from the flour mills and vegetable processing for the enrichment of food products. *Bioconversion of Wastes to Value-added Products*. Ed. by [Editor's Name]. Boca Raton: CRC Press, 2023. pp. 1–35.
- 18 Zakina M.A., Kovaleva A.E., Pyanikova E.A. The development of a rye-wheat bread recipe using apple iodine pectin extract. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2020. vol. 82. no. 4. pp. 202–206.
- 19 Smirnova T.B., Temereva I.V., Tolstoguzova T.T. The use of whole-ground amaranth flour in the production of bread. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. vol. 1052. no. 1. p. 012027. doi: 10.1088/1755-1315/1052/1/012027
- 20 Akkozha I.S., Iztayev A., Yakiyayeva M.A. et al. Accelerated technology for bread preparation using activated water. *Slovak Journal of Food Sciences*. 2023. vol. 17. pp. 484–502. doi: 10.5219/1881

Сведения об авторах

Зурет Н. Хатко д.т.н., зав. кафедрой, кафедра технологии пищевых продуктов и организации питания, Майкопский государственный технологический университет, ул. Первомайская, 191, г. Майкоп, Республика Адыгея, 385000, Россия, znkhatko@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7097-1345>

Газибег О. Магомедов д.т.н., зав. кафедрой, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, gazibek.magomedov@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7201-8387>

Магомед Г. Магомедов д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mmg@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2494-4973>

Джамалудин М. Алиев магистрант, кафедра технологии пищевых продуктов и организации питания, Майкопский государственный технологический университет, ул. Первомайская, 191, г. Майкоп, Республика Адыгея, 385000, Россия, aliev_dzhamaludin@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0005-8774-8787>

Саида К. Кудайнетьова аспирант, кафедра технологии пищевых продуктов и организации питания, Майкопский государственный технологический университет, ул. Первомайская, 191, г. Майкоп, Республика Адыгея, 385000, Россия, saidakudainetova@ya.ru

<https://orcid.org/0009-0006-1283-0740>

Екатерина М. Колодина преподаватель, кафедра технологии пищевых продуктов и организации питания, Майкопский государственный технологический университет, ул. Первомайская, 191, г. Майкоп, Республика Адыгея, 385000, Россия, goodwill_katya@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0009-5349-1855>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Zuret N. Khatko Dr. Sci. (Engin.), head of dep, food technology and catering department, Maikop State Technological University, Pervomaiskaya str., 191, Maikop, Republic of Adygea, 385000, Russia, znkhatko@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7097-1345>

Gazibeg O. Magomedov Dr. Sci. (Engin.), head of dep, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gazibek.magomedov@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7201-8387>

Magomed G. Magomedov Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mmg@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2494-4973>

Jamaludin M. Aliyev master student, food technology and catering department, Maikop State Technological University, Pervomaiskaya str., 191, Maikop, Republic of Adygea, 385000, Russia, aliev_dzhamaludin@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0005-8774-8787>

Saida K. Kudainetova graduate student, food technology and catering department, Maikop State Technological University, Pervomaiskaya str., 191, Maikop, Republic of Adygea, 385000, Russia, saidakudainetova@ya.ru

<https://orcid.org/0009-0006-1283-0740>

Ekaterina M. Kolodina lecturer, food technology and catering department, Maikop State Technological University, Pervomaiskaya str., 191, Maikop, Republic of Adygea, 385000, Russia, goodwill_katya@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0009-5349-1855>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 27/10/2025	После редакции 24/11/2025	Принята в печать 01/12/2025
Received 27/10/2025	Accepted in revised 24/11/2025	Accepted 01/12/2025