DOI 10.21603/2074-9414-2018-1-114-124
УДК 664.66.022.39

ХЛЕБНЫЕ ПАЛОЧКИ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ДЛЯ АХЛОРИДНОГО ПИТАНИЯ

Е. И. Пономарева[1, *], А. Ю. Кривошеев[2] , С. И. Лукина[1], Н. Н. Алехина[1], Е. А. Габелко[1] , Б. Л. Агапов[3]

[1]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19

[2]ИП «Заруцкий С. Н.», 394002, Россия, г. Воронеж, ул. Волгоградская, 30

[3]АО «Научно-исследовательский институт электронной техники», 394033, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 5

**e-mail: elena6815@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 08.02.2018
Дата принятия в печать: 16.03.2018

© Е. И. Пономарева, А. Ю. Кривошеев, С. И. Лукина, Н. Н. Алехина, Е. А. Габелко, Б. Л. Агапов, 2018

Аннотация. В настоящее время актуальным является производство продуктов питания, не только удовлетворяющих потребности человека, но и имеющих определенную пищевую ценность и витаминно-минеральный состав. Приоритетным направлением повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий для лечебного и профилактического питания является включение в их рецептуру нетрадиционных видов сырья растительного происхождения. Использование их в питании улучшает баланс витаминов, аминокислот, макро- и микроэлементов, пищевых волокон и положительно влияет на здоровье человека. В данной статье предлагается разработка хлебных палочек для ахлоридного питания с внесением в рецептуру муки из семян льна и масла из виноградных косточек, обеспечивающих комплексное обогащение изделий, рекомендуемых при таких заболеваниях, как почечная и сердечная недостаточность, гипертония, остеопороз, артриты, артрозы. Применение муки из семян льна в производстве хлебобулочных изделий позволит увеличить в них содержание белка, пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ. Масло из виноградных косточек богато полиненасыщенными жирными кислотами и биологически активными веществами, способствующими укреплению иммунного барьера. В работе приведены результаты определения влияния соли поваренной пищевой и нетрадиционных видов сырья на органолептические, физико-химические показатели готовых изделий, их микроструктуру, антиоксидантную активность. Предложен способ нивелирования отсутствия соли в рецептуре хлебных палочек для ахлоридного питания – применение ферментной композиции. Представлены результаты определения химического состава и расчета пищевой ценности хлебных палочек. Полученные данные будут способствовать расширению ассортимента специализированных хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности.

Ключевые слова. Хлебные палочки, показатели качества, ферментная композиция, химический состав, пищевая ценность

Для цитирования: Хлебные палочки повышенной пищевой ценности для ахлоридного питания / Е. И. Пономарева [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 114–124. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-114-124.

BREADSTICKS WITH ENHANCED NUTRITIONAL VALUE FOR SALT-FREE NUTRITION

E.I. Ponomareva[1, *], A.Y. Krivosheev[2], S.I. Lukina[1], N.N. Alekhina[1], E.A. Gabelko[1], B.L. Agapov[3]

[1]Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolyutsii Ave., Voronezh, 394036, Russia

[2]IP "Zarutskii S.N.", 30, Volgogradskaya Str., Voronezh, 394002, Russia

[3]Research Institute of electronic technology, 5, Starykh Bolshevikov Str., Voronezh, 394033, Russia

**e-mail: elena6815@yandex.ru*

Received: 08.02.2018
Accepted: 16.03.2018

© E.I. Ponomareva, A.Y. Krivosheev, S.I. Lukina, N.N. Alekhina, E.A. Gabelko, B.L. Agapov, 2018

Abstract. At present moment it is essential to produce food which not only satisfies people's needs, but also has a particular nutritional value and vitamin and mineral content. Introduction of non-traditional types of plant materials in the recipes of baked goods for preventive and therapeutic nutrition is a promising direction for enhancing their nutritional value. Consumption of these products

improves the balance of vitamins, amino acids, trace elements, macronutrients, food fibers and has a positive effect on human health. The article presents the development of breadstick recipe for salt-free nutrition using flax seed flour and grapeseed oil which guarantee overall enrichment of food recommended in case of such diseases as heart and renal failure, hypertension, osteoporosis, arthritis and arthrosis. Using flax seed flour in baked goods production will make it possible to increase the content of protein, food fibers, vitamins and mineral substances in them. Grapeseed oil has a lot of polyunsaturated fatty acids and biologically active substances which improve immune barrier. The article reveals the results of the determination of the table salt effect as well as the influence of non-traditional types of raw materials on organoleptic, physical and chemical parameters of the ready-to-use products, their microstructure and antioxidant activity. The author suggests using enzymatic composition instead of table salt in breadsticks recipe for salt-free nutrition. The article presents the results of the chemical composition determination and calculation of breadsticks nutritional value. The obtained data will help extend the product line of special-use baked goods with higher nutritional value.

Keywords. Breadsticks, quality parameters, enzymatic composition, chemical composition, nutritional value

For citation: Ponomareva E.I., Krivosheev A.Y., Lukina S.I., et al. Breadsticks with Enhanced Nutritional Value for Salt-free Nutrition. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 114–124 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-114-124.

Введение

Определяющим фактором достижения стратегических целей государственной политики РФ является повышение качества жизни населения нашего отечества. В последние годы наметилась устойчивая тенденция по использованию питания для профилактики и лечения различных заболеваний. В рационе практически всех социально-демографических групп населения страны ведущее место занимают хлебобулочные изделия. Однако современный ассортимент вырабатываемой продукции на хлебопекарных предприятиях не в полной мере обеспечивает потребности некоторых категорий населения при организации их лечебно-профилактического питания [1–3].

В связи с этим ученые, медики и технологи объединили свои усилия по созданию новой группы специализированных продуктов, предназначенных для различных видов питания, в том числе для ахлоридного. Лечебное питание является обязательным комплексным методом, в некоторых случаях оно усиливает действие различных видов терапии, предупреждая осложнения и прогрессирование болезни (недостаточность кровообращения, гипертоническая болезнь и т. п.). Основные требования к рациону ахлоридного питания направлены на ограничение соли, воды, простых углеводов и снижение калорийности с учетом уровня энергозатрат организма, полное обеспечение организма больного в витаминах и минеральных веществах [4–6].

Поэтому разработка новых рецептур ахлоридных хлебобулочных изделий, в том числе пониженной влажности с заданными свойствами, способствующих укреплению защитных сил организма при таких заболеваниях, как почечная и сердечная недостаточность, гипертония, остеопороз, артриты, артрозы, является актуальной задачей в хлебопечении.

Известно, что соль поваренная пищевая в хлебобулочных изделиях не только придает привычный для человека вкус, но и обеспечивает необходимые реологические, структурно-механические свойства теста и хлеба, оказывая влияние на формирование каркаса клейковины. Исключение из рецептуры соли ухудшает показатели полуфабрикатов и изделий: тесто становится липким, заготовки расплываются, мякиш с укрупненными и толстостенными порами характеризуется пониженной эластичностью из-за недостаточного набухания белков при его формировании, также не образуется хрустящая корка.

Поэтому поиск способов устранения снижения качества хлебобулочных изделий в связи с исключением из рецептуры соли поваренной пищевой является следующим важным аспектом в хлебопекарной отрасли. Один из методов улучшения структурно-механических свойств хлебопекарных полуфабрикатов и готовых изделий – это применение технологических вспомогательных средств, в том числе ферментов [7–10]. Ферментные препараты позволяют оптимизировать формоустойчивость тестовых заготовок при расстойке и выпечке, обеспечивают необходимую структуру пористости мякиша, окраску корки, вкус и аромат изделий [11–16].

Целью работы было улучшение показателей качества хлебных палочек для ахлоридного питания из пшеничной муки первого сорта путем применения ферментной композиции и повышение пищевой ценности изделий за счет применения нетрадиционных видов сырья.

Объекты и методы исследований

В работе применялось следующее сырье: мука пшеничная хлебопекарная первого сорта (ГОСТ Р 52189-2003), мука из семян льна (ТУ 9290-434-02068106-2016), дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731-2011), соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574-2000), сахар белый свекловичный кристаллический (ГОСТ 33222-2015), патока крахмальная высокоосахаренная (ГОСТ Р 52060-2003), маргарин марки МТ (ГОСТ 32188-2013), масло подсолнечное (ГОСТ 1129-2013), масло из виноградных косточек (ТУ-9141-0015811041-2003), вода питьевая (СанПиН 2.1.4.1074-01), ферментная композиция, состоящая из амилазы и ксиланазы (ГОСТ 54330-2011).

Для исследования были взяты образцы хлебных палочек: 1 – «Гриссини» из муки пшеничной первого сорта (контроль) [17]; 2 – «Мечта» с нетрадиционными видами сырья; 3 – «Фантазия» с нетрадиционными видами сырья и ферментной композицией. Образцы № 2 и 3 – ахлоридные изделия, вырабатываемые по ТУ 9117-443-02068106-2016, разработанным на кафедре технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств (ТХКМЗП) ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ВГУИТ).

Таблица 1 – Рецептуры хлебных палочек

Table 1 – Breadsticks recipes

Наименование сырья	Расход сырья для приготовления образцов хлебобулочных изделий, кг		
	№ 1 («Гриссини»)	№ 2 («Мечта»)	№ 3 («Фантазия»)
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	100,0	85,0	85,0
Мука из семян льна	–	15,0	15,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные	5,5	5,5	5,5
Соль поваренная пищевая	1,5	–	–
Сахар белый свекловичный кристаллический	1,0	–	–
Патока крахмальная высокоосахаренная	1,0	2,0	2,0
Маргарин марки МТ	2,5	–	–
Масло подсолнечное	2,5	–	–
Масло из виноградных косточек	–	5,0	5,0
Ферментная композиция	–	–	0,5
Вода питьевая	по расчету		

Рецептуры исследуемых видов изделий приведены в табл. 1.

Тесто влажностью 37,0 % замешивали безопарным способом, далее направляли в термостат для брожения при температуре 30 °С на 20 мин. Выброженное тесто раскатывали и формовали в виде палочек (длина 150 мм, ширина 10–15 мм) и отправляли на окончательную расстойку в расстойный шкаф РТПК–530У при температуре (40 ± 1) °С и относительной влажности воздуха 80–85 % в течение 30 мин. Изделия выпекали в лабораторной электропечи ВНИИХП-6-56 при температуре 220–230 °С с увлажнением в течение 10–12 мин.

Анализ химического состава сырья осуществляли по следующим методикам: аминокислотный состав белка – методом ионообменной хроматографии на автоматическом амино-кислотном анализаторе AAA T-339 («MIKROTECHNA», Чехия), количество триптофана – по методу Лоренцо-Андрю и Франдзена. Содержание белка определяли по ГОСТ 10846-91, водорастворимых углеводов – по ГОСТ Р 51636-2000, жира – по ГОСТ 32905-2014, пищевых волокон – по ГОСТ 31675-2012. Минеральный состав (калий, кальций, магний, фосфор, железо, цинк, селен) исследовали по ГОСТ 32343-2013, ГОСТ 26657-97, ГОСТ Р 55449-2013, витаминный состав (тиамин, рибофлавин, пантотеновая кислота, пиридоксин, никотиновая кислота, токоферол) – по ГОСТ 29138-91, ГОСТ 29139-91, ГОСТ 31483-2012, ГОСТ 53494-2009, ГОСТ 29140-91, ГОСТ Р 54634-2011.

Биологическую ценность белков определяли путем расчета аминокислотного скора, основанном на сравнении аминокислотного состава изучаемого белка со справочной шкалой аминокислот идеального белка, установленной ФАО/ВОЗ.

В готовых изделиях определяли органолептические показатели (форма, размеры, поверхность, цвет, внутреннее состояние, хрупкость, вкус, запах) по ГОСТ 5667-65. Для анализа результатов исследуемых показателей использовали профильный метод и балльную оценку качества готовых изделий. Дегустационные испытания проводили с участием группы технологов со стажем работы не менее трех лет. При дегустации эксперты пользовались оценочной шкалой [18].

Анализировали физико-химические показатели хлебных палочек: влажность – по ГОСТ 21094-75, прочность на приборе Строганова, набухаемость – по ГОСТ 8494-96, коэффициент набухаемости рассчитывали исходя из увеличения массы каждого образца после его набухания [19]. Элементный состав (углерод и водород) хлебных палочек изучали с помощью растрового электронного микроскопа JSM-6380LV, оснащенного системой рентгеновского энергодисперсионного анализа INCAx-sight (Jeol, Япония). Микроструктуру хлебных палочек исследовали в режиме электронной эмиссии на электронном микроскопе JSM-6380LV (Япония).

Пищевую и энергетическую ценность изделий, степень покрытия суточной потребности в нутриентах рассчитывали по программе «COMPLEX», разработанной на кафедре ТХКМЗП ФГБОУ ВО «ВГУИТ», в основе которой заложена методика, утвержденная Институтом питания РАМН (ныне ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»). Содержание витаминов в хлебных палочках рассчитывали с учетом коэффициентов сохранности. Суммарное содержание антиоксидантов в готовых изделиях определяли на анализаторе «ЦветЯуза-01-АА» (ОАО НПО «Химавтоматика», Россия).

Исследования проводили в лабораториях кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», испытательном лабораторном центре комбикормов, комбикормового сырья, пищевых продуктов автономной некоммерческой организации «Научно-технический центр «Комбикорм» (г. Воронеж), центре коллективного пользования научным оборудованием ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Экспериментальные исследования проводили в трехкратной повторности, полученные данные обрабатывали общепринятыми методами математической статистики с использованием стандартного пакета прикладных программ MAPLE 8. Ошибка опыта не превышала 5 %.

Таблица 2 – Химический состав муки пшеничной первого сорта и муки из семян льна

Table 2 – Chemical composition of the first grade wheat flour and flax seed flour

Наименование пищевых веществ	Содержание пищевых веществ в муке	
	пшеничная хлебопекарная первого сорта	из семян льна
Белок, г	10,6	36,0
Жиры, г	1,3	11,0
Углеводы, г	69,0	13,1
Зола, г	0,7	2,9
Пищевые волокна, г	4,9	30,0
Макроэлементы, мг		
калий	176	890
кальций	24	29
магний	44	660
фосфор	115	780
Микроэлементы:		
железо, мг	2,1	6,3
цинк, мкг	1,0	4,8
селен, мкг	6,0	25,4
Витамины, мг:		
тиамин	0,25	1,8
рибофлавин	0,08	0,18
пантотеновая кислота	0,50	1,08
пиридоксин	0,22	0,52
никотиновая кислота	2,20	3,34
токоферол	1,80	0,34

Таблица 3 – Содержание незаменимых аминокислот в сырье и аминокислотный скор (АС)

Table 3 – Content of essential amino acids in raw material and amino-acid score (AC)

Наименование аминокислоты	В числителе – содержание аминокислоты, мг/1 г белка; в знаменателе – АС относительно идеального белка, %	
	мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	мука из семян льна
Валин	38,7 / 77,4	67,9 / 136
Лейцин	101,9 / 145,6	114,7 / 164
Изолейцин	38,7 / 96,8	77,2 / 193
Лизин	25,0 / 45,4	49,4 / 90
Метионин + цистин	38,7 / 110,6	32 / 92
Треонин	29,3 / 73,2	54,7 / 137
Триптофан	7,5 / 75,0	9,5 / 95
Фенилаланин + тирозин	54,7 / 91,2	101,9 / 170
Сумма незаменимых аминокислот, мг	334,5	507,3

Результаты и их обсуждение

Приоритетным направлением повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий является включение в их рецептуру нетрадиционных видов муки из цельносмолотых зерен злаковых и семян бобовых культур: пшеницы, ржи, овса, льна, гречихи, гороха, нута и других. Использование их в питании улучшает баланс витаминов, аминокислот, макро- и микроэлементов, пищевых волокон и положительно влияет на здоровье человека [20].

Таблица 4 – Жирнокислотный состав и содержание биологически активных компонентов в маслах

Table 4 – Fatty acid composition and content of biologically active components in oils

Наименование пищевых веществ	Содержание пищевых веществ в масле	
	подсолнечное	из виноградных косточек
Насыщенные жирные кислоты, %	11,3	11,0
Мононенасыщенные жирные кислоты, %	28,9	18,0
Полиненасыщенные жирные кислоты, %	59,8	71,0
Фитостеролы, мг%	170,0	180,0
Хлорофилл, мг/кг	0	4,7

Первым этапом работы было изучение химического состава нетрадиционных видов сырья. Муку из семян льна получали путем дезинтеграционно-волнового помола, позволяющего преобразовывать исходный продукт по классической схеме возбуждения генератора на диоде Ганна при слабом СВЧ информационном воздействии на длинах волн порядка 8 мм. Создаваемые в дезинтеграторе синхронизируемые условия взаимодействия энергетических полей и вещества на атомно-молекулярном уровне способствуют позитивным изменениям химического состава получаемого продукта [21].

Сравнительная оценка содержания нутриентов в 100 г исследуемых видов муки показала существенное различие по пищевым веществам (табл. 2). В муке из семян льна больше белка в 3,4 раза, пищевых волокон в 6 раз, углеводов меньше в 5 раз по сравнению с пшеничной мукой первого сорта. Несмотря на то, что количество жира увеличивается до 11 г, он является источником полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3 и омега-6 (с преобладающим содержанием линоленовой кислоты) [22, 23]. Содержание минеральных веществ в муке из семян льна больше в 1,2–15 раз, витаминов – в 1,5–7,2 раза, чем в пшеничной муке первого сорта.

Суммарная доля незаменимых аминокислот в белке муки из семян льна составляет 51 % массы белка, что обусловливает его высокую биологическую ценность (табл. 3).

Благодаря богатому химическому составу продукты с содержанием муки из семян льна препятствуют развитию ряда различных заболеваний сердечно-сосудистой, мышечной, пищеварительной систем, образованию тромбов, атеросклеротических бляшек, способствуют снижению артериального давления и содержания холестерина в крови, очищению организма человека от шлаков, токсинов, радионуклидов и солей тяжелых металлов.

В работе предлагается замена масла подсолнечного на масло из виноградных косточек. Оба вида относятся к представителям линолевого типа, однако в масле из виноградных косточек содержится больше полиненасыщенных жирных кислот и природных антиоксидантов (табл. 4) [24].

Включение его в рецептуру хлебобулочных изделий будет способствовать улучшению работы сердца и сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, очищению организма от свободных радикалов, укреплению иммунитета.

Вторым этапом работы было определение влияния изучаемых нетрадиционных видов сырья и соли поваренной пищевой на органолептические и физико-химические показатели хлебных палочек. Результаты пробной выпечки установили, что применение муки из семян льна, масла из виноградных косточек и исключение соли снижают балльную оценку изделий. Хлебные палочки «Мечта» (образец № 2) были очень хрупкими, с менее разрыхленной структурой, характеризовались пресным, недостаточно выраженным вкусом, запахом и по органолептическим параметрам оценивались в 49,5 баллов (табл. 5).

По физико-химическим показателям также наблюдалось ухудшение – в изделиях уменьшался коэффициент набухаемости на 0,27 у. е. и их прочность – на 270 Н. Это связано с отсутствием в рецептуре хлебных палочек соли поваренной пищевой, способствующей укреплению клейковинных белков, разрыхлению структуры изделий, улучшению их вкуса и аромата.

Для нивелирования ухудшения качества продукта предлагается применение ферментной композиции в количестве 0,5 % к массе муки (хлебные палочки «Фантазия» – образец № 3). Установлено, что внесение ферментов амилазы и ксиланазы, входящих в состав ферментной композиции, улучшает органолептические и физико-химические показатели хлебных палочек (табл. 5).

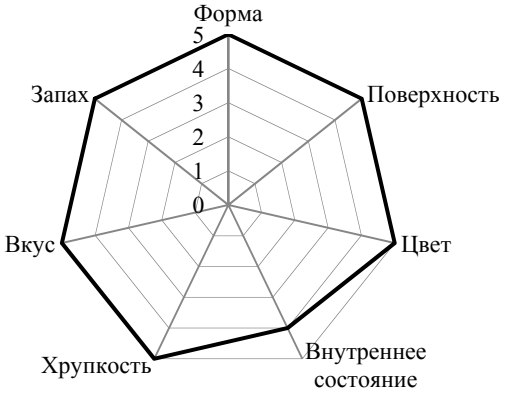
Графическое изображение результатов анализа дегустационных испытаний (профиллограммы) хлебных палочек приведено на рис. 1.

По результатам анализа профиллограмм выявлено, что изделия «Гриссини» (контроль) характеризовались оценкой «отлично». Хлебные палочки без соли поваренной пищевой с внесением нетрадиционных видов сырья («Мечта») определялись как «удовлетворительные». Образцы ахлоридных хлебных палочек с ферментной композицией, мукой из семян льна и виноградного масла оценивались как «хорошие», ближе к «отличным».

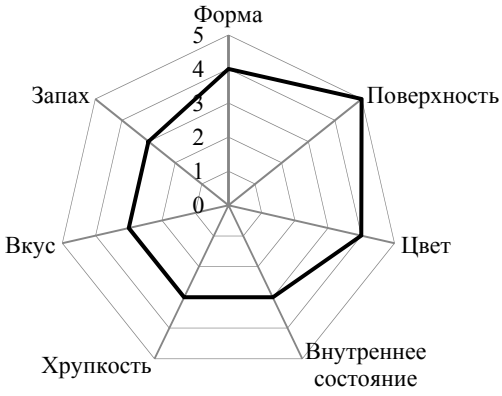
Таблица 5 – Показатели качества хлебных палочек

Table 5 – Breadsticks quality parameters

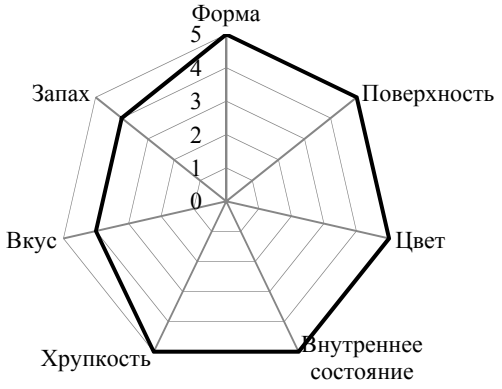
Показатели качества	Значение показателей качества в образцах		
	№ 1 («Гриссини»)	№ 2 («Мечта»)	№ 3 («Фантазия»)
Органолептические показатели			
Внешний вид:			
форма	округлая, без вмятин	округлая, с наличием небольшой плоскости на стороне, лежавшей на поду	округлая, без вмятин
баллы	5	4	5
Поверхность	Гладкая, без вздутий и трещин		
баллы	5	5	5
Цвет	коричневый	темно-серый, с отрубянистыми частицами	светло-коричневый, с отрубянистыми частицами
баллы	5	4	5
Внутренне состояние	разрыхленные, пропеченные, с равномерной структурой, без признаков непромеса	менее разрыхленные, пропеченные, с относительно равномерной структурой, без признаков непромеса	хорошо разрыхленные, пропеченные, с равномерной структурой, без признаков непромеса
баллы	4	3	5
Хрупкость	хрупкие, легко разламывающиеся с хрустом	очень хрупкие, разламывающиеся с хрустом	хрупкие, легко разламывающиеся с хрустом
баллы	5	3	5
Вкус	свойственный данному виду	пресный, недостаточно выраженный	с приятным привкусом муки из семян льна
баллы	5	3	4
Запах	свойственный данному виду	недостаточно выраженный аромат	с приятным запахом муки из семян льна
баллы	5	3	4
Итого баллов с учетом коэффициента значимости	70,5	49,5	65,0
Физико-химические показатели			
Влажность, %	9,0	9,0	9,0
Коэффициент набухаемости, у. е.	1,55	1,34	1,48
Прочность, Н	840	570	870



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Профиллограммы органолептических показателей качества образцов хлебных палочек: а – № 1 («Гриссини»), б – № 2 («Мечта»), в – № 3 («Фантазия»)

Figure 1 – Profile diagrams of organoleptic quality parameters for the following samples of breadsticks: a – № 1 (“Grissany”); b – № 2 (“Mechta); c – № 3 (“Fantaziya”)

Присутствие соли поваренной пищевой угнетает деятельность дрожжей, тормозит процесс выделения диоксида углерода и этилового спирта, что подтверждается меньшим количеством углерода (56,74 масс. %) в образце № 1 и большим количеством кислорода (41,72 масс. %), обнаруженного в хлебных палочках методом рентгеновского энергодисперсионного анализа (рис. 2). Однако благодаря соли в таком тесте формируется устойчивая губчатая структура клейковинного каркаса, обеспечивающего достаточную разрыхленность изделий. В хлебных палочках, приготовленных без соли поваренной пищевой с внесением муки из семян льна и масла из виноградных косточек (образец № 2), содержание углерода было наибольшим (58,68 масс. %), а кислорода – наименьшим (40,84 масс. %) по сравнению с исследуемыми образцами. В этом случае газообразование протекает более интенсивно, но отсутствие соли в тесте способствует образованию слишком растяжимой и малоэластичной клейковины, поэтому хлебные палочки были менее разрыхленными с относительно равномерной структурой. Использование ферментной композиции и нетрадиционного сырья (образец № 3) укрепляло клейковинный каркас теста без соли поваренной пищевой, улучшало его газоудерживающую способность, увеличивало образование диоксида углерода и тем самым обеспечивало получение изделий с хорошо разрыхленной и равномерной структурой.

Установлено, что применение ферментной композиции в тесте без внесения соли поваренной пищевой (образец № 3) увеличивало значение коэффициента набухаемости на 0,07 у. е. и прочности на 300 Н по сравнению с образцом № 1. Кроме того, прочность хлебных палочек в образце № 3 была выше на 30 Н, чем в изделиях «Гриссини». Улучшение показателей качества в образце «Фантазия» объясняется тем, что под действием амилазы и ксиланазы происходит более полный гидролиз крахмала, о чем свидетельствует микроструктура хлебных палочек (рис. 3).

Из микрофотографий видно, что межпоровые стенки хлебных палочек состоят из сплошной массы коагулированного белка и набухших, частично клейстеризованных зерен крахмала. Вследствие расщепления крахмала под действием ферментной композиции в образце № 3 наблюдаются отдельные немногочисленные крахмальные зерна вытянутой формы, практически не соприкасающиеся между собой. Это способствует улучшению физико-химических показателей ахлоридных хлебных палочек.

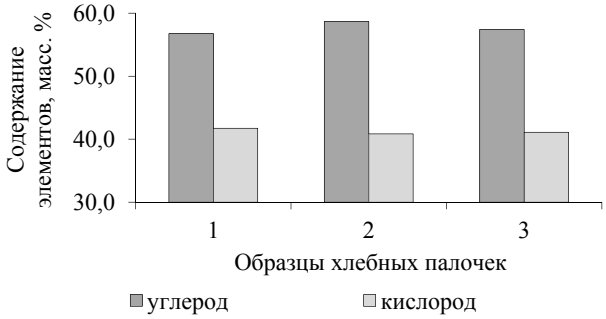
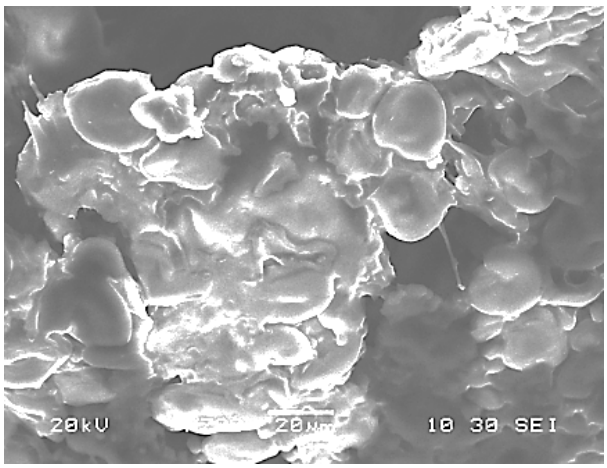
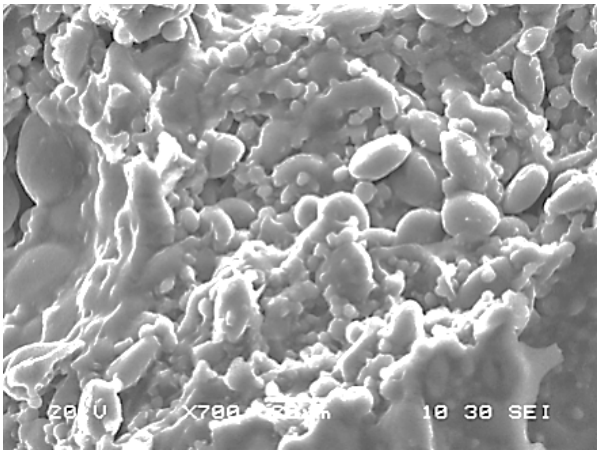


Рисунок 2 – Содержание химических элементов в образцах хлебных палочек: 1 – № 1 («Гриссини»); 2 – № 2 («Мечта»); 3 – № 3 («Фантазия»)

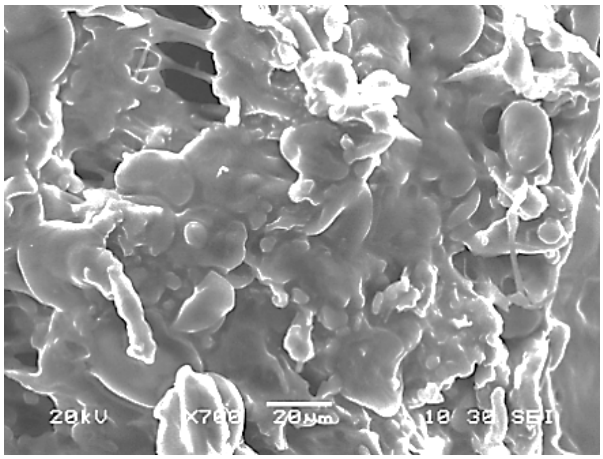
Figure 2 – Chemical elements content in samples of breadsticks: 1 – № 1 (“Grissany”); 2 – № 2 (“Mechta); 3 – № 3 (“Fantaziya”)



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Микроструктура образцов хлебных палочек (1×700): а – № 1 («Гриссини»); б – № 2 («Мечта»); в – № 3 («Фантазия»)

Figure 3 – Microstructure of breadstick samples (1×700): a – № 1 (“Grissany”); b – № 2 (“Mechta); c – № 3 (“Fantaziya”)

Определение суммарной антиоксидантной активности изучаемых видов изделий выявило, что в опытных образцах № 2 и 3 наблюдалось увеличение исследуемого показателя в среднем в 4 раза: содержание антиоксидантов в них составило 0,62–0,63 мг/100 г хлебных палочек против 0,15 мг/100 г в контроле (образец № 1) (рис. 4). Это связано с тем, что мука из семян льна богата природными антиоксидантами, такими как витамины группы В, токоферол, кальций, селен, цинк, которые способны препятствовать действию свободных радикалов в организме. Масло из косточек винограда характеризуется высокой антиоксидантной активностью за счет содержания хлорофилла [25].

Третьим этапом исследований была сравнительная оценка пищевой ценности исследуемых видов хлебных палочек – «Гриссини» и для ахлоридного питания «Мечта», «Фантазия». Анализ расчета химического состава образцов, степени покрытия суточной потребности в веществах и содержания аминокислот показал, что изделия, приготовленные с использованием нетрадиционных видов сырья, превосходят контрольный образец (табл. 6, 7).

Выявлено, что в 100 г хлебных палочек «Мечта» и «Фантазия» содержится больше белков на 3,5 г, жиров на 1,3 г, пищевых волокон на 3,7 г, макроэлементов на 33–84 мг, микроэлементов на 0,1–0,4 мг, витаминов на 0,03–0,92 мг, чем в изделиях «Гриссини», при этом снижается содержание углеводов на 8,8 г. Установлено, что потребление 100 г хлебных палочек с внесением муки из семян льна и масла из виноградных косточек обеспечит удовлетворение суточной нормы потребления белка на 19 %, жира – 8 %, углеводов – 14 %, пищевых волокон – 28 %, минеральных веществ – 3–30 %, витаминов – 2–39 %.

Определено, что биологическая ценность белка аминокислотного скора (АС) ахлоридных палочек увеличена по лизину с 38,9 до 45,5 %, по треонину с 64,2 до 73,0 %, по триптофану с 97,3 до 144,4 %, по остальным аминокислотам АС ниже 100 %.

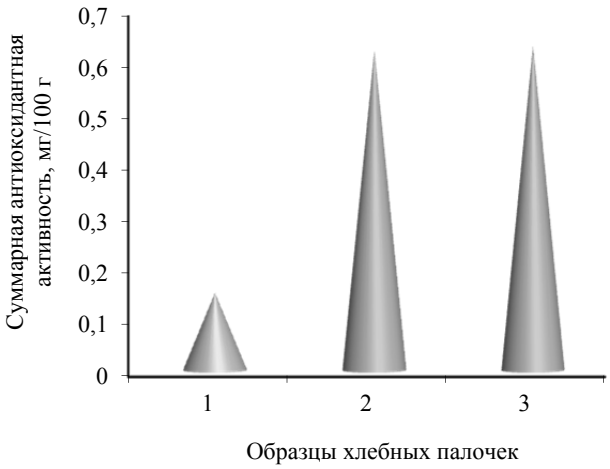


Рисунок 4 – Суммарная антиоксидантная активность в образцах хлебных палочек: 1 – № 1 («Гриссини»); 2 – № 2 («Мечта»); 3 – № 3 («Фантазия»)

Figure 4 – Total antioxidant activity for samples of breadsticks: 1 – № 1 (“Grissany”); 2 – № 2 (“Mechta); 3 – № 3 (“Fantaziya”)

Таблица 6 – Химический состав и степень удовлетворения суточной потребности организма человека в пищевых веществах за счет потребления 100 г хлебных палочек

Table 6 – Chemical composition and level of daily requirement satisfaction in food nutrients after consumption of 100 g of breadsticks

Наименование пищевых веществ	Физиологическая суточная потребность, г/мг (ТР ТС 022/2011)	Содержание в образцах		Степень удовлетворения за счет употребления образцов хлебных палочек, %	
		№ 1 («Гриссини»)	№ 2 («Мечта»), № 3 («Фантазия»)	№ 1 («Гриссини»)	№ 2 («Мечта»), № 3 («Фантазия»)
Белок, г	75	10,9	14,4	15	19
Жир, г	95	5,8	7,1	6	8
Углеводы, г	430	68,8	60,0	16	14
Пищевые волокна, г	30	4,3	8,0	14	28
Макроэлементы, мг:					
калий	3500	186	270	5	8
кальций	1000	27	60	3	6
магний	400	35	120	9	30
фосфор	800	121	203	15	25
Микроэлементы:					
железо, мг	14	0,3	0,4	2	3
цинк, мг	15	0,9	1,3	6	9
селен, мкг	70	5,0	8,0	7	11
Витамины:					
тиамин, мг	1,4	0,25	0,44	18	31
рибофлавин, мг	1,6	0,10	0,63	7	39
пантотеновая кислота, мг	6	0,30	0,40	5	7
пиридоксин, мг	2	0,19	0,22	9	10
биотин, мкг	50	1,80	1,40	4	2
токоферол, мг	10	1,58	2,50	16	25

Таблица 7 – Содержание незаменимых аминокислот, их аминокислотный скор и степень удовлетворения суточной потребности

Table 7 – Content of essential amino acids, their amino-acid score and nutrient daily requirement satisfaction level

Наименование аминокислоты	Значение для образцов хлебных палочек						Адекватный уровень суточного потребления, мг (МР 2.3.1.1915-04)
	№ 1 («Гриссини»)			№ 2 («Мечта»), № 3 («Фантазия»)			
	содержание, мг в 100 г продукта	АС, %	удовлетворение суточной потребности, %	содержание, мг в 100 г продукта	АС, %	удовлетворение суточной потребности, %	
Валин	449	82,4	18	572	79,4	23	2500
Изолейцин	466	106,9	23	507	88,0	25	2000
Лейцин	715	93,7	16	927	92,0	20	4600
Лизин	233	38,9	6	360	45,5	9	4100
Метионин + цистин	141	37,0	8	160	31,8	9	1800
Треонин	280	64,2	12	420	73,0	18	2400
Триптофан	106	97,3	13	208	144,4	26	800
Фенилаланин + тирозин	510	78,0	12	700	81,0	16	4400

Таблица 8 – Биологические показатели и энергетическая ценность хлебных палочек

Table 8 – Breadsticks biological parameters and energy value

Наименование изделия	Значение показателя, %			Энергетическая ценность, кДж/ккал
	биологическая ценность	коэффициент различия аминокислотного скора (КРАС)	индекс незаменимых аминокислот (ИНАК)	
«Гриссини»	52,4	47,6	0,8	1587/378
«Мечта», «Фантазия»	62,2	37,8	0,7	1538/368

Расчет биологических показателей хлебных палочек выявил, что в изделиях «Мечта» и «Фантазия» значение биологической ценности выше на 9,8 %, соответственно коэффициент различия аминокислотного скора ниже на 9,8 %, а величина энергетической ценности меньше на 49 кДж (10 ккал) по сравнению с изделиями «Гриссини» (табл. 8).

Заключение

Таким образом, проведенными исследованиями доказано, что использование ферментов амилазы и

ксиланазы при производстве хлебных палочек, в рецептуре которых отсутствует соль поваренная пищевая, позволяет улучшить их органолептические показатели (форму, цвет, внутреннее состояние) и увеличить значения физико-химических характеристик – коэффициента набухаемости и прочности. Выявлено, что внесение ферментной композиции и естественных биологически активных веществ в рецептуру хлебных палочек за счет применения нетрадиционных видов сырья обеспечивает гармоничный вкус, аромат ахлоридных изделий, увеличивает их антиоксидантную активность и функциональность. Все это дает возможность сделать обоснованный вывод об эффективности применения ферментной композиции, муки из семян льна, масла из виноградных косточек в производстве ахлоридных хлебных палочек с целью включения их в рационы питания населения для оптимизации лечения и профилактики при почечной и сердечной недостаточности, гипертонии, остеопорозе.

Список литературы

1. Применение муки из цельносмолотого зерна пшеницы и пряностей в производстве ахлоридного хлеба / Е. И. Пономарева [и др.] // Хлебопродукты. – 2016. – № 8. – С. 40–42.

2. Оптимизация рецептуры хлеба повышенной пищевой ценности диабетического назначения / Л. П. Бессонова [и др.] // Хлебопродукты. – 2014. – № 2. – С. 36–37.

3. Белецкая, Н. М. Инновационные направления развития рынка хлебобулочных изделий / Н. М. Белецкая, Л. П. Удалова, Л. П. Пашенцева // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2016. – № 2 (58). – С. 63–69.

4. Древин, А. В. Нетрадиционное сырье для производства хлебобулочных изделий функционального назначения / А. В. Древин, Е. С. Таранова // Хлебопечение России. – 2016. – № 1. – С. 20–21.

5. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality / L. Flander [et al.] // Food Science and Technology. – 2007. – Vol. 40, iss. 5. – P. 860–870.

6. Стабровская, О. И. Многокомпонентные смеси для производства хлебобулочных изделий / О. И. Стабровская, А. С. Романов, О. Г. Короткова // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – № 2. – С. 30–33.

7. Macgregor, A. W. α-Amylase, Limit Dextrinase, and α-Glucosidase Enzymes in Barley and Malt / A. W. Macgregor // Critical Reviews in Biotechnology. – 2016. – Vol. 5, № 2. – P. 117–128. DOI:10.3109/07388558709086972.

8. Pyranose Oxidase from Trametes multicolor Impacts Dough and Bread Microstructure / K. Decamps [et al.] // Cereal chemistry. – 2014. – Vol. 91, № 4. – P. 414–417. DOI: 10.1094/CCHEM-11-13-0248-N.

9. Effect of Hydrolyzing Enzymes on Wheat Bran Cell Wall Integrity and Protein Solubility / E. Arte [et al.] // Cereal chemistry. – 2016. – Vol. 93, № 2. – P. 162–171. DOI:.10.1094/CCHEM-03-15-0060-R.

10. Колупаева, Т. Г. Ферментные препараты компании «Новозаймс» для замены пищевых добавок с индексом / Т. Г. Колупаева // Хлебопродукты. – 2013. – № 4. – С. 14–16.

11. Sensitising effects of genetically modified enzymes used in flavour, fragrance, detergence and pharmaceutical production: cross-sectional study / L. T. Budnik [et al.] // Sociological methodology. – 2016. – Vol. 74, № 1. – P. 1–7. DOI:10.1136/oemed-2015-103442.

12. Use of Enzymes to Minimize Dough Freezing Damage / M. E. Steffolani [et al.] // Food and Bioprocess Technology. – 2012. – Vol. 5, № 6. – P. 2242–2255. DOI 10.1007/s11947-011-0538-2.

13. Хлебопекарные улучшители. Ферменты, эмульгаторы, ферментоактивное сырье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://hlebinfo.ru/zanyatie-12-chast-3-hlebopekarnyie-uluchshiteli-fermentyi-emulgatoryi-fermentoaktivnoe-syire.html. – Дата доступа: 24.12.2017.

14. Бобышев, К. А. Влияние ферментного препарата глюкозооксидазы на свойства теста и качество хлеба из пшеничной муки / К. А. Бобышев, И. В. Матвеева // Хлебопродукты. – 2014. – № 7. – С. 25–27.

15. Исследование влияния применения технологического вспомогательного средства EnzoWay 5.02 при гидротермической обработке зерна пшеницы на свойства теста и хлеба / В. В. Петриченко [и др.] // Хлебопродукты. – 2015. – № 5. – С. 34–35.

16. Китаевская, С. В. Применение ферментных препаратов в технологии хлебобулочных изделий на основе замороженных полуфабрикатов / С. В. Китаевская, О. А. Решетник // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 24. – С. 91–94.

17. Производство диетических сухарей, хлебных палочек и хрустящих хлебцев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studfiles.net/preview/3549045/page:5. – Дата доступа: 17.12.2017.

18. Optimization of technological parameters of preparation of dough for rusks of high nutrition value / A. A. Zhuravlev [et al.] // Foods and Raw materials. – 2017. – Vol. 5, № 1. – P. 81–90. DOI: 10.21179/2308-4057-2017-1-73-80.

19. Влияние овощных и фруктовых порошков на органолептические показатели хлебных палочек диабетического назначения / А. Ю. Веселова [и др.] // Хлебопечение России. – 2014. – № 5. – С. 18–20.

20. Об отраслевой целевой программе «Развитие хлебопекарной промышленности РФ на 2014–2016 гг.» // Хлебопродукты. – 2014. – № 5. – С. 8.

21. Влияние дезинтеграционно-волнового помола на фракционный и аминокислотный состав белка нута / Г. О. Магомедов [и др.] // Вестник ВГУИТ. – 2013. – № 1. – С. 94–97.

22. Рудницкая, Ю. И. Безопасность использования льняной муки в технологиях кулинарной продукции / Ю. И. Рудницкая, И. П. Березовикова // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 1. – С. 1–4.

23. Миневич, И. Э. Использование семян льна в хлебопечении / И. Э. Миневич, В. А. Зубцов, Т. Б. Цыганова // Хлебопродукты. – 2008. – № 3. – С. 38–40.

24. Масло из косточек винограда – перспективное сырье для фармацевтической и косметической продукции [Электронный ресурс] / Е. В. Бокшан [и др.]. – Режим доступа: http://provisor.com.ua/archive/2000/N5/oil.php. – Дата доступа: 17.12.2017.

25. Хлорофилл: польза для здоровья, источники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://herbcart.ru/xlorofill-polza-dlya-zdorovya-istochniki. – Дата доступа: 25.12.2017.

References

1. Ponomareva E.I., Lukina S.I., Odintsova A.V., Zubkova E.V. Primenenie muki iz tselnosmolotogo zerna pshenitsyi i pryanostey v proizvodstve ahloridnogo hleba [Using Flour Produced from Wheat Whole Grain and Spices in Salt-Free Bread Production]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2016, no. 8, pp. 40–42.

2. Bessonova L.P., Shevtsov A.A., Mayulina I.V., Tertyichnaya T.N. Optimizatsiya retseptury khleba povyshennoy pishchevoy tsennosti diabeticheskogo naznacheniya [Optimization of Bread Recipe with High Nutritional Value for Diabetic Use]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2014, no. 2, pp. 36–37.

3. Beletskaya N.M., Udalova L.P., Pashentseva L.P. Innovatsionnye napravleniya razvitiya rynka khlebobulochnykh izdeliy [Innovative Development Areas for Baked Goods Market]. *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava* [Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law], 2016, no. 2(58), pp. 63–69.

4. Drevin A.V., Taranova E.S. Netraditsionnoe syr'e dlya proizvodstva khlebobulochnykh izdeliy funktsional'nogo naznacheniya [Non-Traditional Raw Materials for Functional Purpose Baked Goods Production]. *Khlebopechenie Rossii* [Baking in Russia], 2016, no. 1, pp. 20–21.

5. Flander L., Salmenkallio-Marttila M., Suortti T., Autio K. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. *Food Science and Technology*, 2007, vol. 40, no. 5, pp. 860–870.

6. Stabrovskaya O.I., Romanov A.S., Korotkova O.G. Mnogokomponentnye smesi dlya proizvodstva khlebobulochnykh izdeliy [Multicomponent Mixtures for Baked Goods Production]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2009, no. 2, pp. 30–33.

7. Macgregor A.W. α-Amylase, Limit Dextrinase, and α-Glucosidase Enzymes in Barley and Malt. *Critical Reviews in Biotechnology*, 2016, vol. 5, no. 2, pp. 117–128. DOI:10.3109/07388558709086972.

8. Decamps K., Joye I.J., Pareyt B., Courtin C.M., Delcour J.A. Pyranose Oxidase from Trametes multicolor Impacts Dough and Bread Microstructure. *Cereal Chemistry*, 2014, vol. 91, no. 4, pp. 414–417. DOI: 10.1094/CCHEM-11-13-0248-N.

9. Arte E., Katina K., Holopainen-Mantila U., Nordlund E. Effect of Hydrolyzing Enzymes on Wheat Bran Cell Wall Integrity and Protein Solubility. *Cereal Chemistry*, 2016, vol. 93, no. 2, pp. 162–171. DOI:.10.1094/CCHEM-03-15-0060-R.

10. Kolupaeva T.G. Fermentnye preparaty kompanii "Novozayms" dlya zameny pishchevykh dobavok s indeksom [Enzyme Preparations Produced by "Novoymes" for Replacing Food Additives with Index]. *Khleboprodukty* [Bread products], 2013, no. 4, pp. 14–16.

11. Budnik L.T., Scheer E., Sherwood B.P., Baur X. Sensitising effects of genetically modified enzymes used in flavour, fragrance, detergence and pharmaceutical production: cross-sectional study. *Sociological Methodology*, 2016, vol. 74, no. 1, pp. 1–7. DOI:10.1136/oemed-2015-103442.

12. Steffolani M.E., Ribotta P.D., Pérez G.T., Puppo M.C. Use of Enzymes to Minimize Dough Freezing Damage. *Food and Bioprocess Technology*, 2012, vol. 5, no. 6, pp. 2242–2255. DOI 10.1007/s11947-011-0538-2.

13. *Khlebopekarnye uluchshiteli. Fermenty, emul'gatory, fermentoaktivnoe syr'e* [Baking Improvers. Enzymes, Emulsifiers, Enzyme Active Raw Materials]. Available at: http://hlebinfo.ru/zanyatie-12-chast-3-hlebopekarnyie-uluchshiteli-fermentyi-emulgatoryi-fermentoaktivnoe-syire.html. (accessed 24 December 2017).

14. Bobyshev K.A., Matveeva I.V. Issledovanie vliyaniya primeneniya tekhnologicheskogo vspomogatel'nogo sredstva EnzoWay 5.02 pri gidrotermicheskoy obrabotke zerna pshenitsy na svoystva testa i khleba [Influence of Glucose Oxidase Enzyme Preparation on the Properties of Dough and Bread Quality Produced from Wheat Flour]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2014, no. 7, pp. 25–27.

15. Petrichenko V.V., Ivanov M.G., Ponomareva E.I., Voropaeva O.N. Issledovanie vliyaniya primeneniya tehnologicheskogo vspomogatelnogo sredstva EnzoWay 5.02 pri gidrotermicheskoy obrabotke zerna pshenitsyi na svoystva testa i hleba [Study of the Effect of Technological Support Tool EnzoWay 5.02 Application on the Properties of Dough and Bread during Wheat Grain Hydrothermal Treatment]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2015, no. 5, pp. 34–35.

16. Kitaevskaya S.V., Reshetnik O.A. Primenenie fermentnykh preparatov v tekhnologii khlebobulochnykh izdeliy na osnove zamorozhennykh polufabrikatov [Using Enzyme Preparations in Baked Goods Production Technology Based on Frozen Ready-to-Cook Food]. *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta* [Herald of the Kazan Technological University], 2013, vol. 16, no. 24, pp. 91–94.

17. *Proizvodstvo dieticheskikh sukharey, khlebnykh palochek i khrustyashchikh khlebtsev* [Production of Dried Dietary Bread, Breadsticks and Crispbread]. Available at: https://studfiles.net/preview/3549045/page:5. (accessed 17 December 2017).

18. Zhuravlev A.A., Lukina S.I., Ponomareva E.I., Roslyakova K.E. Optimization of technological parameters of preparation of dough for rusks of high nutrition value. *Foods and Raw materials*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 81–90. DOI: 10.21179/2308-4057-2017-1-73-80.

19. Veselova A.Yu., Kostyuchenko M.N., Dremucheva G.F., Smirnova S.A. Vliyanie ovoshchnykh i fruktovykh poroshkov na organolepticheskie pokazateli khlebnykh palochek diabeticheskogo naznacheniya [Application of vegetable and fruit powders in recipes bread sticks of diabetic supplies]. *Khlebopechenie Rossii* [Baking in Russia], 2014, no. 5, pp. 18–20.

20. Ob otraslevoy tselevoy programme "Razvitie khlebopekarnoy promyshlennosti RF na 2014–2016 gg." [Industry Development Program "Baking Industry Development in the Russian Federation in 2014–2016"]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2014, no. 5, pp. 8.

21. Magomedov G.O., Sadyigova M.K., Lukina S.I., Kustov V.Yu. Vliyanie dezintegratsionno-volnovogo pomola na fraktsionnyy i aminokislotnyy sostav belka nuta [Influence of Disintegrating Wave Milling on Particle Size Distribution and Amino Acid Composition of Chickpea Protein]. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2013, no. 1, pp. 94–97.

22. Rudnitskaya Yu.I., Berezovikova I.P. Bezopasnost' ispol'zovaniya l'nyanoy muki v tekhnologiyakh kulinarnoy produktsii [Safe Use of Flax Flour in Culinary Products Production Technology]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2012, no. 1, pp. 1–4.

23. Minevich I.E, Zubtsov V.A., Tsyganova T.B. Ispol'zovanie semyan l'na v khlebopechenii [Use of seeds of flax in bakery]. *Khleboprodukty* [Bread Products], 2008, no. 3, pp. 38–40.

24. Bokshan E.V., Darmogray R.E., Dzera V., Choliy L.F., Shteyn T. *Maslo iz kostochek vinograda – perspektivnoe syr'e dlya farmatsevticheskoy i kosmeticheskoy produktsii* [Grape Seed Oil – Perspective Raw Material for Pharmaceutical and Beauty Products]. Available at: http://provisor.com.ua/archive/2000/N5/oil.php. (accessed 17 December 2017).

25. *Khlorofill: pol'za dlya zdorov'ya, istochniki* [Chlorophyll: Use for Health, Sources]. Available at: https://herbcart.ru/xlorofill-polza-dlya-zdorovya-istochniki. (accessed 24 December 2017).

Пономарева Елена Ивановна
д-р техн. наук, профессор кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19, тел.: +7 (961) 613-17-06, e-mail: elena6815@yandex.ru

Кривошеев Андрей Юрьевич
технолог ИП «Заруцкий С.Н.», 394002, Россия, г. Воронеж, ул. Волгоградская, 30, тел.: +7 (916) 551-58-30, e-mail: Dj-andry@mail.ru

Лукина Светлана Ивановна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19, тел.: +7 (951) 567-63-35, e-mail: lukina.si@yandex.ru

Алехина Надежда Николаевна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19, тел.: +7 (910) 344-77-75, e-mail: nadinat@yandex.ru

Габелко Евгения Анатольевна
магистрант кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19, тел.: +7 (951) 565-15-75, e-mail: evg.gabelcko2014@yandex.ru

Агапов Борис Львович
канд. техн. наук, ведущий инженер отдела 28, лаборатории 281, АО «Научно-исследовательский институт электронной техники», 394033, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 5, тел.: +7 (915) 586-64-16, e-mail: b.agapov2010@yandex.ru

Elena I. Ponomareva
Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Pasta and Grain Processing Industries, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (961) 613-17-06, e-mail: elena6815@yandex.ru

Andrey Yu. Krivosheev
Technologist, IP "Zarutskii S.N.", 30, Volgogradskaya Str., Voronezh, 394002, Russia, phone: +7 (916) 551-58-30, e-mail: Dj-andry@mail.ru

Svetlana I. Lukina
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Pasta and Grain Processing Industries, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolyutsii Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (951) 567-63-35, e-mail: lukina.si@yandex.ru

Nadezhda N. Alekhina
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Pasta and Grain Processing Industries, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolyutsii Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (910) 344-77-75, e-mail: nadinat@yandex.ru

Yevgenia A. Gabelko
Undergraduate of the Department of Technology of Bakery, Confectionery, Pasta and Grain Processing Industries, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolyutsii Ave., Voronezh, 394036, Russia, phone: +7 (951) 565-15-75, e-mail: evg.gabelcko2014@yandex.ru

Boris L. Agapov
Cand.Sci.(Eng.), Leading Engineer of the Department 28, Laboratory 281, Research Institute of Electronic Technology, 5, Starykh Bolshevikov Str., Voronezh, 394033, Russia, phone: +7 (915) 586-64-16, e-mail: b.agapov2010@yandex.ru