



Научная статья
4.3.3. – Пищевые системы (технические науки)
УДК664.784.86

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.017

EDN: WFMYCP

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ НА КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Елена Петровна Каменская ¹, Вероника Валерьевна Денисова ²

^{1, 2} Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, Россия

¹ ekam2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3760-6914>

² nikulya.d@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4930-3475>

Аннотация. Одним из перспективных направлений расширения ассортимента и обогащения хлебобулочных изделий является целенаправленное изменение химического состава мучного компонента рецептурных смесей путем замены некоторого количества муки пшеничной продуктами переработки других зерновых культур, в частности, кукурузы. Целью настоящего исследования являлось изучение влияния продуктов переработки зерна кукурузы: кукурузной муки и экструдированной кукурузы на качество хлебобулочных изделий. Экструзионную обработку зерен кукурузы проводили в одношнековом пресс-экструдере КМЗ-2У, соблюдая следующие параметры: температура – 150 °С, скорость вращения шнека – 160 об/мин, диаметр матрицы – 5 мм, давление в предматричной зоне экструдера – 6,2 МПа, продолжительность процесса – 40 с. Экструдат имел светло-желтый цвет, равномерную пористую структуру, без включений взорванных частиц; влажность – 11,5 %; кислотность – 3,6 град; число падения – 61 с. При разработке рецептур нового хлебобулочного изделия «Батон кукурузный» производилась частичная замена пшеничной муки высшего сорта кукурузной мукой (15 % и 25 %) и экструдированной кукурузой (15 % и 25 %). Оценка качества образцов готовых изделий показала эффективность применения экструдированной кукурузы при соотношении муки пшеничной высшего сорта и экструдата кукурузы 85:15, что позволило получить изделие с улучшенными качественными показателями. Внесение экструдированной кукурузы придает готовому изделию приятный запах и вкус, формируется однородная пористая структура продукта, мякиш приобретает приятный желтый оттенок, корка становится глянцевой, золотистого цвета, что обусловлено наличием в кукурузе различных пигментов каротиноидной группы.

Ключевые слова: зерно кукурузы, хлебобулочные изделия, кукурузная мука, экструдированная кукуруза, батон, пшеничная мука.

Для цитирования: Каменская Е. П., Денисова В. В. Исследование влияния продуктов переработки зерна кукурузы на качество хлебобулочных изделий // Ползуновский вестник. 2026. № 2, С. 132–138. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.017. EDN: <https://elibrary.ru/WFMYCP>.

Original article

A STUDY OF INFLUENCE OF CORN GRAIN PROCESSING PRODUCTS ON QUALITY OF BAKERY PRODUCTS

Elena Petrovna Kamenskaya ¹, Veronica Valerievna Denisova ²

^{1, 2} Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia

¹ ekam2007@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3760-6914>

² nikulya.d@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4930-3475>

Abstract. One of the promising areas for expanding the range and enriching bakery products is a targeted change in the chemical composition of the flour component of recipe mixtures by replacing some amount of wheat flour with processed products of other grain crops, in particular, corn. The aim of this study was to investigate the effect of processed corn grain products: corn flour and extruded corn on the quality of bakery products. Extrusion processing of corn grains was carried out in a single-screw press extruder KМЗ-2U, observing the following parameters: temperature – 150 °C, screw speed – 160 rpm, die diameter – 5 mm, pressure in the pre-die zone of the extruder – 6,2 MPa, process duration – 40 s. The extrudate had a light-yellow color, a uniform porous structure, without inclusions of unexploded particles; humidity – 11,5 %; acidity – 3,6 degrees; falling number – 61 s. When developing the recipe for the new "Corn Loaf" bakery product, premium wheat flour was partially replaced with corn flour (15 % and 25 %) and extruded corn (15 % and 25 %). Quality assessment of finished product samples demonstrated the effectiveness of extruded corn at an 85:15 ratio of premium wheat flour to corn extrudate, resulting in a product with improved quality. The addition of extruded corn imparts a pleasant aroma and flavor to the finished product, creates a uniform porous structure, the crumb acquires a pleasant yellow hue, and the crust becomes glossy and golden, due to the presence of various carotenoid pigments in corn.

Keywords: corn grain, bakery products, corn flour, extruded corn, loaf, wheat flour.

© Каменская Е. П., Денисова В. В., 2026

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ НА КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

For citation: Kamenskaya, E. P. & Denisova, V. V. (2026). A study of influence of corn grain processing products on quality of bakery products. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 132-138. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2026.02.017. EDN: <https://elibrary.ru/WFMYCP>.

ВВЕДЕНИЕ

Хлебобулочные продукты входят в ежедневный пищевой рацион подавляющего большинства потребителей, поэтому существенное значение имеют исследования в области расширения ассортимента хлебобулочных изделий за счет введения в рецептуру компонентов, способствующих улучшению их потребительских свойств, модифицирующих их состав и обогащенных физиологически функциональными ингредиентами. Введение в рецептуры компонентов, придающих функциональные свойства и оказывающих положительное влияние на качественный и количественный состав рациона питания человека, позволяет эффективно решать проблемы профилактики и лечения различных заболеваний, связанных с дефицитом тех или иных пищевых веществ [1].

Одним из перспективных направлений повышения пищевой и биологической ценности хлебобулочных изделий является целенаправленное изменение химического состава мучного компонента рецептурных смесей путем замены некоторого количества муки пшеничной продуктами переработки других зерновых культур. По пищевой и потребительской ценности композиционные смеси из пшеничной муки и зерновых культур имеют преимущество перед традиционными сортами муки, вырабатываемыми из одной культуры, следовательно, позволяют создать новые изделия на основе эффекта взаимного обогащения компонентов. Хлебопекарные свойства композиционных смесей обусловлены их белково-протеиназным и углеводно-амилазным комплексами, а также водопоглотительной способностью. Эти показатели в определенной мере зависят от агротехнических условий выращивания культуры, технологии изготовления, параметров, наличия стадий гидротермической обработки зерна, которая обуславливает частичную денатурацию белков, клейстеризацию крахмала, снижение активности ферментов [2–4].

Для обогащения хлебобулочных изделий технологически целесообразно использовать продукты переработки зерновых культур, которые богаты содержанием ценных природных компонентов, например кукурузы. Значимость кукурузы как компонента питания в Европе отметили внесением ее в реестр хлебных продуктов наряду с пшеницей и рисом. В зерне кукурузы содержится 60–68 % углеводов, 7–20 % белка, 4–8 % жира, 2,5–4,3 % клетчатки и 1,5–2 % минеральных веществ [5, 6].

Кукурузная мука – порошок из измельченных частиц эндосперма кукурузы белого и желтого цвета с примесью алейронового слоя, оболочек и зародыша. Кукурузную муку выгодно отличают высокие вкусовые качества, состав витаминов (β-каротин, А, В1, В2, РР) и богатый минеральный состав (Р, Zn, Fe, K, Na, Mg, Mn, Cu, Ca и др.), а по содержанию клетчатки (0,7 г на 100 г продукта) она опережает другие злаковые культуры. Продукты переработки зерна кукурузы рекомендованы для детского и диетического питания благодаря высокой питательности, способности к активизации метаболических процессов, очищающему воздействию на организм, положительному эффекту на функции центральной нервной и женской репродуктивной систем, мочегонным свойствам и коррекции мышечной массы

в сторону ее наращивания естественным путем в детском и пожилом возрасте [7, 8].

В связи с необходимостью повышения безопасности, качества, стабильности продукции, а также расширения возможностей использования растительного сырья в пищевой промышленности актуальным является применение эффективного технологического процесса – экструдирования. Экструдирование (экструзия) – это процесс получения продуктов (экструдатов) путем образования из исходного сырья под действием высокой температуры и давления вязкого расплава и его последующего продавливания шнеком через формующее отверстие или фильеру [9–11].

При экструдировании растительного сырья происходят комплекс физических, химических и биохимических процессов, которые существенно изменяют структуру и свойства исходного материала, что обусловлено воздействием высоких температур, давления и механической деформации. Эти изменения позволяют не только улучшить свойства продукта, но и сделать его более усвояемым и привлекательным. Экструдированные продукты имеют меньшую влажность и более низкую активность воды, что способствует длительному хранению без потери качества. Получаемый продукт сохраняет все витамины и физиологически активные вещества, при этом микроорганизмы уничтожаются, обеспечивая биологическую безопасность и снижая необходимость использования консервантов [12–14].

В процессе экструдирования зерна кукурузы происходят следующие изменения в структуре и свойствах питательных веществ: крахмал желатинизируется, и повышается его усвояемость; повышается переваримость белков и доступность аминокислот вследствие разрушения вторичных связей в молекулах белка; благодаря кратковременности процесса в большей степени сохраняются биологически активные вещества сырья; повышается энергетическая ценность вследствие разрыва стенок жировых клеток, возрастает стабильность жиров; повышается переваримость клетчатки вследствие истирания и дробления ее в процессе экструзии; улучшаются вкусовые качества готового продукта; формируется однородная пористая структура продукта. Экструдат кукурузы имеет высокое содержание общей энергии и низкое содержание клетчатки, является хорошим источником метионина и незаменимых жирных кислот. В 1 кг экструдата из кукурузы содержится 1,41 кормовых единиц, 42 г сырого протеина, 42 г сырого жира, 2,7 г лизина. В связи с этим продукты, приготовленные на основе экструдированного зерна кукурузы, приобретают свойства функционального назначения для питания человека [9, 10, 12, 15].

Цель настоящего исследования – изучение влияния продуктов переработки зерна кукурузы на качество хлебобулочных изделий.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на базе производственных лабораторий предприятий ТОО «Инновационные агропродукты», ТОО «Защитинский элеватор» и ТОО «Хлебозавод Каравай» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан).

Для проведения исследований использовалось следующее сырье: мука пшеничная хлебопекарная

высшего сорта; мука кукурузная; экструдированная кукуруза; дрожжи хлебопекарные прессованные; сахар-песок; соль поваренная пищевая; молоко пастеризованное, 2,5 % жирности; вода питьевая.

Для выполнения задач исследования в муке были определены показатели: органолептические свойства муки – по ГОСТ 27558-2022 «Мука и отруби. Методы исследования цвета, запаха, вкуса и хруста»; массовая доля влаги – стандартным методом с помощью высушивания в сушильном шкафу СЭШ-3М в течение 40 мин при температуре 130 °С по ГОСТ 9404-88 «Мука и отруби. Метод определения влажности»; титруемая кислотность – по болтушке согласно ГОСТ 27493-87; зольность – по ГОСТ 27494-2016: белизна – с помощью лабораторного белизномера «Блик-РЗ», предназначенного для измерения направленного зонального коэффициента отражения света в условных единицах прибора – по ГОСТ 26361-2013; число падения – по ГОСТ 27676-88 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения»; массовую долю (%) и качество (ед. прибора ИДК-5М) сырой клейковины в муке пшеничной – по ГОСТ 27839-2013.

Экструдат кукурузы анализировали по показателям: органолептические показатели – по ГОСТ 27558-2022; влажность экструдата – по методу, представленному в ГОСТ 9404-88; кислотность – по ГОСТ 5670-96.

В готовых хлебобулочных изделиях при оценке качества показатели анализировались не ранее, чем через 4 часа и не позднее, чем через 24 часа после выпечки, с применением следующих стандартных методов: отбор образцов, определение органолептических показателей и массы хлеба – по ГОСТ 5667-2022 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила при-

емки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий»; определение массовой доли влаги (%) в изделиях – по ГОСТ 21094-2022 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности»; кислотность мякиша хлеба – арбитражным методом по ГОСТ 5670-96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения кислотности»; пористость мякиша – по ГОСТ 5669-96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости» – с помощью прибора Журавлева.

Органолептическую оценку готовых образцов хлебобулочных изделий проводили с учетом следующих показателей: внешний вид (форма, поверхность, цвет), состояние мякиша, вкус, запах. Внешний вид хлеба определялся путем его осмотра. Для оценки состояния корки обращали внимание на её поверхность (ровная, неровная, гладкая, бугристая, с подрывами, с трещинами, со вздутиями), а также на правильность формы (плоская, вогнутая, выпуклая). При анализе состояния мякиша описывали его цвет (белый, серый или темный) и оттенки (сероватый, желтоватый, желтый и т.д.), а также пористость, эластичность, промес, пропеченность мякиша, равномерность его окраски. Оценивая аромат изделия, обращали внимание на наличие или отсутствие у хлеба несвойственных, посторонних и неприятных запахов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве продуктов переработки зерна кукурузы в работе использовалась кукурузная мука и экструдированная кукуруза. Экструдат был получен из нешелушенного зерна кукурузы в соответствии с технологической схемой, приведенной на рисунке 1.

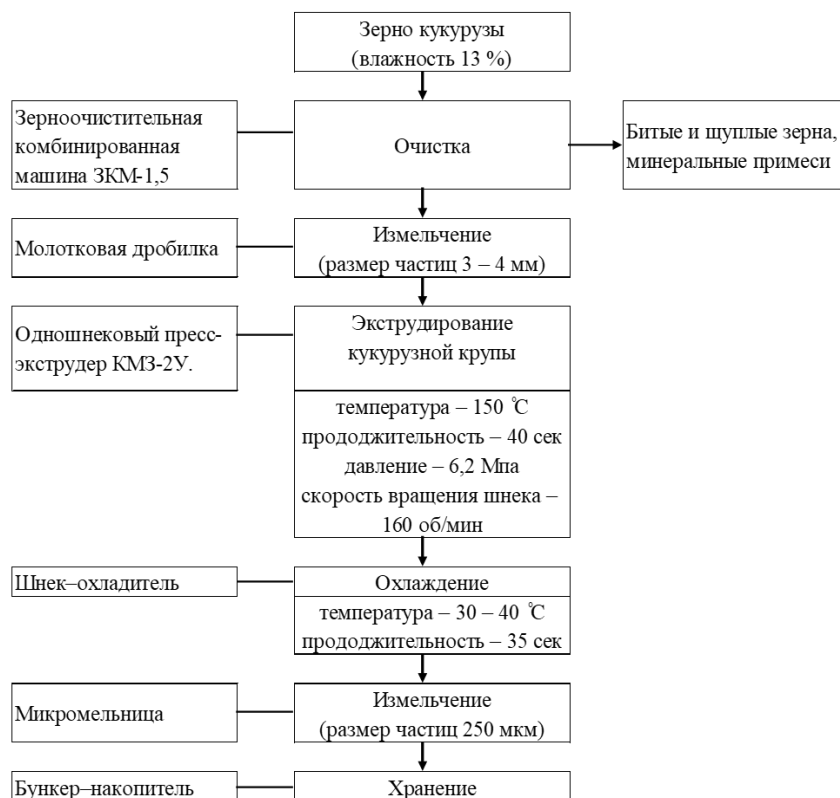


Рисунок 1 – Технологическая схема получения экструдированной кукурузы

Figure 1 – Flow chart for producing extruded corn

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ НА КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Исходное сырье – нешелушенное зерно кукурузы подвергали очистке на зерноочистительной комбинированной машине ЗКМ-1,5. Из зерновой массы выделялись битые и щуплые зерна, минеральные примеси, поверхность зерна очищалась от пыли. Нешелушенное зерно с массовой долей влаги 13 % подавалось в молотковую мельницу, где оно дробилось до частиц размером 3–4 мм.

Для получения продукта экструдирования использовался одношнековый пресс-экструдер КМЗ-2У. Раздробленный продукт из приемного бункера дозатором подавался в шнековую часть пресс-экструдера с диаметром выходного отверстия матрицы 8 мм. Захваченный шнеком продукт перемещался вдоль корпуса, проходил зоны сжатия, разогрева, гомогенизации, зону непосредственной экструзии и разгрузки. Продолжительность обработки составляла 40 с при температуре 150 °С; скорость вращения шнека – 160 об/мин; диаметр матрицы – 5 мм; давление в предматричной зоне экструдера – 6,2 Мпа.

После прохождения зоны формирования и разгрузки происходил мгновенный переход продукта из области высоких давлений в условия атмосферного взрыва, что сопровождалось декомпрессионным взрывом: вода, находящаяся в зерне, переходила в парообразное состояние с выделением значительного количества энергии, это приводило к деструкции

клеточных структур и вспучиванию продукта. Взорванный продукт поступал в шнек-охладитель, где он одновременно гранулировался и охлаждался до температуры 30–40 °С в течение 35 с, затем самотеком подавался в микромельницу на измельчение до размера частиц не более 250 мкм. Далее продукт экструдирования проходил через магнитную колонку и пневмотранспортом подавался в циклон бункера-накопителя.

Полученный экструдат имел светло-желтый цвет, равномерную пористую структуру, без включений невзорванных частиц крупы.

Приготовление теста, а также выпечка хлебобулочного изделия «Батон кукурузный» осуществлялись в производственных условиях ТОО «Хлебозавод Каравай». В работе использовалась мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта производства ТОО «Аском» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан), мука кукурузная торговой марки «Кудесница» (АО «Петербургский мельничный комбинат», г. Санкт-Петербург).

Перед формированием мучных смесей были определены качественные показатели муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта в соответствии с ГОСТ 26574-2017, муки кукурузной – в соответствии с ГОСТ 14176-2022 и экструдата кукурузы. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели качества муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, муки кукурузной и экструдата кукурузы
Table 1 – Quality indicators of premium wheat flour, corn flour and corn extrudate

Наименование показателя, ед. изм	Характеристика		
	Мука пшеничная высшего сорта	Мука кукурузная	Экструдат кукурузы
Цвет	Белый с кремовым оттенком	Светло-желтый	Светло-желтый
Запах	Свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый	Свойственный кукурузной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый	
Вкус	Свойственный пшеничной, без посторонних привкусов, не кислый, не горький	Свойственный кукурузной муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький	
Наличие минеральной примеси	При разжевывании хруст не ощущается		
Влажность, %	15,2	12,0	11,5
Белизна, усл. ед. РЗ-БПЛ	61,0	45,0	–
Количество клейковины, %	27,6	–	–
Качество клейковины, ед. ИДК	65,0	–	–
Число падения, с	359,0	436,0	61,0
Кислотность, град.	2.8	5.0	3.6

По основным показателям муки пшеничной высшего сорта можно сделать вывод, что она пригодна к применению при выпечке хлеба. Также оптимальные показатели количества, качества клейковины и числа падения позволяют проводить эксперименты с добавлением продуктов переработки кукурузы, не содержащих клейковины, тем самым понижая данные качественные показатели. Кукурузная мука имела наивысший среди всех образцов показатель числа падения – 436,0 с, это свидетельствует о повышенной активности фермента α-амилазы, которая участвует в процессе брожения и влияет на хлебопекарные свойства. Оптимальное же значение кислотности – 3,6 град., не оказывающее негативного влияния на процесс хлебопечения, наблюдалось у экструдата кукурузы и превышало показатель пшеничной муки всего на 0,8 градуса.

Приготовление теста осуществлялось безопасным способом. Компоненты мучных смесей подвергались точному дозированию и смешиванию. Тесто замешивалось на двухскоростной тестомесильной машине, в соответствии с расчетными значениями компонентов по рецептуре, указанной в таблице 2. Часть пшеничной муки высшего сорта была заменена кукурузной мукой и экструдированной кукурузой. Так как замена 5 % пшеничной муки не оказывала существенного влияния на органолептические и физико-химические показатели смеси, для проведения исследований были приняты следующие образцы в процентных соотношениях:

Образец 1 – Соотношение муки пшеничной высшего сорта и кукурузной муки 85:15;

Образец 2 – Соотношение муки пшеничной высшего сорта и кукурузной муки 75:25;

Образец 3 – Соотношение муки пшеничной высшего сорта и экструдата кукурузы 85:15;

Образец 4 – Соотношение муки пшеничной высшего сорта и экструдата кукурузы 75:25.

Таблица 2 – Рецепт приготовления хлебобулочного изделия «Батон кукурузный»

Table 2 – Recipe for making a corn loaf of bread

Наименование сырья	Расход сырья, кг			
	Добавление кукурузной муки		Добавление экструдированной кукурузы	
	Образец 1 15 %	Образец 2 25 %	Образец 3 15 %	Образец 4 25 %
Мука пшеничная высшего сорта	15,47	13,65	15,47	13,65
Мука кукурузная	2,73	4,55	–	–
Экструдат кукурузы	–	–	2,73	4,55
Сахар	0,413	0,413	0,413	0,413
Соль пищевая	0,143	0,143	0,143	0,143
Дрожжи хлебопекарные прессованные	0,550	0,550	0,550	0,550
Молоко пастеризованное, 2,5 % жирности	5,69	5,69	5,69	5,69
Вода	5,69	5,69	5,69	5,69

Руководствуясь данной рецептурой, были выпечены образцы хлебобулочного изделия «Батон кукурузный» с различным содержанием продуктов переработки кукурузы.

Все компоненты рецептуры смешивались до получения теста однородной консистенции. Брожение осуществлялось при температуре 30 °С в течение 40 минут. Конечная кислотность теста составляла не более 4,6 град. Выброженное тесто делили на заготовки массой 0,300 кг, придавали форму батона и укладывали на листы.

Продолжительность расстойки тестовых заготовок при температуре 37–38 °С и относительной влажности воздуха 75–80 % составляла 50–60 мин. Выпечка изделий осуществлялась в увлажненной пекарной камере в течение 25–30 мин при температуре 230–240 °С. Вес готового изделия составил 0,250 кг.

Органолептические и физико-химические показатели качества полученных образцов хлебобулочных изделий представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика качественных показателей образцов хлебобулочных изделий

Table 3 – Comparative characteristics of quality indicators of bakery product samples

Сравнительные характеристики качества показателей качества продукции				
Показатель	Образец			
	Образец 1 (15 %кукурузной муки)	Образец 2 (25 %кукурузной муки)	Образец 3 (15 % экструдата кукурузы)	Образец 4 (25 %экструдата кукурузы)
Органолептические показатели				
Внешний вид:				
Форма	Продолговато-овальная, соответствующая данному виду изделий			
Поверхность	Мучнистая, с косыми надрезами, наблюдаются трещины и подрывы		Мучнистая, с косыми надрезами, без трещин и подрывов	Мучнистая, шероховатая с косыми надрезами, без трещин и подрывов
Цвет	Кремово-желтый белёсый		Желто-коричневый	
Состояние мякиша:				
Пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный	Пропеченный, не влажный на ощупь. Не эластичный	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный	Пропеченный, не влажный на ощупь. Не эластичный
Промес	Без комочков и следов непромеса			
Пористость	Развитая, равномерная, без пустот и уплотнений	Неравномерная, плотная, с пустотами	Развитая, равномерная, без пустот и уплотнений	Неравномерная, рыхлая, с пустотами, отходит от корки
Вкус	Свойственный данному виду изделия, с легким привкусом кукурузы			
Запах	Свойственный данному виду изделия, с легким ароматом кукурузы		Свойственный данному виду изделия, с выраженным ароматом кукурузы	
Физико-химические показатели				
Влажность мякиша, %	42,4	41,6	42,0	41,6
Кислотность мякиша, град	2,8	3,0	2,6	2,8
Пористость мякиша, %	75,0	71,0	73,0	68,0

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ НА КАЧЕСТВО ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

При анализе органолептических и физико-химических показателей установлено, что во все образцы соответствовали требованиям ГОСТ 31805-2018. Результаты, представленные в таблице 3, выявили влияние дозировок продуктов переработки кукурузы, вносимых в мучную смесь на органолептические и физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий. Так, образец 3, содержащий в составе 15 % экструдированной кукурузы, имел более привлекательный, золотистый цвет корки, в отличие от образцов 1 и 2 с кукурузной мукой, отличающихся бледной окраской корки с элементами белёсости и разрывами на поверхности, что является следствием повышенной кислотности кукурузной муки. Увеличение содержания количества экструдата в образце 4 до 25 % негативно влияло на качество изделия, понижая влажность теста и повышая автолитическую активность, что закономерно приводит к потемнению и разрывам корки, а также к уменьшению объема.

Среди всех образцов лучшими показателями качества мякиша обладали образцы 1 и 3 с 15 %-м содержанием вносимых продуктов переработки кукурузы. Образец 3 имел более развитую, равномерную, без пустот и уплотнений пористость и светло-желтый цвет мякиша. В образцах 2 и 4 мякиш был плотный, неравномерный, отстающий от корки хлеба.

Следует отметить, что при дозировке 25 % кукурузной муки или экструдированной кукурузы наблюдалось потемнение мякиша хлеба, изделия имели непривлекательный вид (низкий объем хлеба, неразвитую пористость и неровную поверхность). Данный эффект, вероятно, вызван уменьшением массовой доли клейковины в тесте за счет замены части пшеничной муки кукурузной, не содержащей в своем составе клейковинных белков. Вследствие этого снижалась формоудерживающая способность теста, повышалась массовая доля свободной влаги и, как следствие, готовые изделия получались плотными. В целом, при использовании экструдированной кукурузы (в 15 %-й дозировке) отмечалось улучшение показателей качества готовых хлебобулочных изделий, а именно наблюдалось увеличение объема изделия, его пористости, отмечался более выраженный вкус кукурузы за счет большего размера частиц по сравнению с кукурузной мукой.

При анализе физико-химических показателей выявлено, что все образцы имели близкие значения по влажности и кислотности в отличие от показателя пористости мякиша, который обладал большей вариативностью. Максимальное значение пористости (75 %) было отмечено в образце 1, а минимальное (68 %) – в образце 4.

Кроме того, употребление 100 г хлебобулочного изделия с добавлением 15 % экструдата кукурузы (образец 3) позволяет удовлетворить суточную физиологическую потребность для взрослых в минеральных веществах, таких как железо и цинк в среднем на 35 % и 27 % соответственно.

ВЫВОДЫ

Исследования показали целесообразность проведения экструзионной обработки нешелушенного зерна кукурузы в одношнековом пресс-экструдере при соблюдении следующих параметров: температура – 150 °С, влажность зерна – 13 %, скорость вращения шнека – 160 об/мин, диаметр матрицы – 5 мм, давление в предматричной зоне экструдера – 6,2 Мпа, продолжительность процесса – 40 с. Полученный экструдат зерна имел влажность 11,5 %, кислотность 3,6 град, светло-желтый цвет, равномерную пористую

структуру, без включений не взорванных частиц крупы.

Установлено, что соотношение муки пшеничной высшего сорта и экструдата кукурузы 85:15 позволяет получить изделие с улучшенными органолептическими показателями. Внесение экструдированной кукурузы придает готовому изделию приятный запах и вкус, формируется однородная пористая структура продукта, более доступная для воздействия ферментов в пищеварительной системе. Мякиш изделия приобретает приятный желтый оттенок, корка становится глянцевой, золотистого цвета, что обусловлено наличием в кукурузе различных пигментов каротиноидной группы, наибольшую часть из которых занимает пигмент ксантофилл, устойчивый к действию тепловой обработки и изменениям реакции среды. Данный факт исключает необходимость использования искусственных красителей.

Выполненные экспериментальные исследования подтвердили эффективность применения экструдированной кукурузы с оптимальной дозировкой в хлебопечении, позволили разработать новую рецептуру хлебобулочного изделия «Батон кукурузный» с улучшенными качественными показателями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашенко Л.П., Жаркова И.М. Технология хлебобулочных изделий. М. : КолосС, 2006. 389 с.
2. Боряев В.Е. [и др.] ; под редакцией В.И. Теплова. Функциональные продукты питания. Белгород : Кооперативное образование, 2005. 415 с.
3. Зверев С.В., Зверева Н.С. Функциональные зернопродукты. М. : ДеЛи принт, 2006. 119 с.
4. Усембаева Ж.К., Даутканова Д.Р., Мусаева С.Д. [и др.]. Использование кукурузной муки в производстве пшеничного хлеба // Хранение и переработка зерна. 2004. № 11(65). С. 37–38.
5. Айрумян В.Ю., Сокол Н.В., Ольховатов Е.А. Химический состав продуктов переработки зерна риса и кукурузы для повышения пищевой и биологической ценности хлебобулочных изделий // Ползуновский вестник. 2020. № 3. С. 3–10.
6. Денисова В.В., Каменская Е.П. Использование кукурузной муки и экструдированной кукурузы при производстве хлебобулочных изделий // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности : материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. Бийск : Изд-во АлтГТУ, 2024. С. 394–397.
7. Зеленская Г.А., Храпко О.П. Использование белозерной кукурузы в технологии производства хлеба // В сборнике : Инновационные технологии в АПК ; материалы Международной научно-практической конференции ; общ. ред. В.А. Бабушкин. 2018. С. 305–307.
8. Шаззо А.А., Бутина Е.А., Герасименко Е.О. Существующие и перспективные направления комплексной переработки зерна кукурузы // Новые технологии. 2011. № 2. С. 54–58.
9. Пахомов В.И., Рудой Д.В., Тупольских Т.И. [и др.]. Технологии и оборудование для экструдирования растительного сырья : учеб. пособие / Донской гос. техн. ун-т. Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2018. 108 с.
10. Сушкова В.И., Воробьева Г.И. Безотходная конверсия растительного сырья и биологически активные вещества. М. : ДеЛи принт, 2008. 216 с.
11. Остриков А.Н., Абрамов О.В., Рудометкин А.С. Экструзия в пищевой технологии. СПб. : ГИОРД, 2004. 288 с.
12. Мартиросян В.В. Научные и практические аспекты применения экструдатов зернового сырья в техно-

логии профилактических пищевых продуктов : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 2013. 50 с.

13. Application of extrusion technology in plant food processing byproducts: An overview / W. Leonard, P. Zhang, D. Ying [et al.] // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020. Vol. 19, № 1. P. 218–246.

14. Extrusion and extruded products: Changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: A review / M.S. Alam, J. Kaur, H. Khaira [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016. Vol. 56, № 3. P. 445–473.

15. Денисова В.В., Каменская Е.П. Способ приготовления экструдированной кукурузы // *Приднепровский научный вестник*. 2025. № 2. С. 100–103.

Информация об авторах

Е. П. Каменская – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки зерна», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова.

В. В. Денисова – магистрант кафедры «Технология хранения и переработки зерна», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова.

REFERENCES

1. Pashchenko, L.P. & Zharkova, I.M. (2006). Technology of Bakery Products. Moscow : KolosS. (In Russ.).

2. Boryaev, V.E. [et al.]; edited by V.I. Teplov. (2005). Functional Food Products. Belgorod : Kooperativnoe obrazovanie. (In Russ.).

3. Zverev, S.V. & Zvereva, N.S. (2006). Functional Grain Products. Moscow : DeLi Print. (In Russ.).

4. Usembaeva, Zh.K., Dautkanova, D.R., Musaeva, S.D. [et al.]. (2004). Use of Corn Flour in the Production of Wheat Bread. *Storage and Processing of Grain*, 11(65), 37-38. (In Russ.).

5. Airumyan, V.Yu., Sokol, N.V. & Olkhovtov, E.A. (2020). Chemical composition of processed rice and corn grain products to increase the nutritional and biological value of bakery products. *Polzunovsky Vestnik*, (3), 3-10. (In Russ.).

6. Denisova, V.V. & Kamenskaya, E.P. (2024). Use of corn flour and extruded corn in the production of bakery products. *Technologies and equipment for the chemical, biotechnological and food industries: proceedings of the XVII All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists with international*

participation. Biysk: Publishing house of Altai State Technical University, 394-397. (In Russ.).

7. Zelenskaya, G.A. & Khrapko, O.P. (2018). Use of white-grained corn in bread production technology. *In the collection: Innovative technologies in the agro-industrial complex; Proceedings of the International scientific and practical conference*, 305-307. (In Russ.).

8. Shazzo, A.A., Butina, E.A. & Gerasimenko, E.O. (2011). Existing and promising areas of complex processing of corn grain. *New technologies*, (2), 54-58. (In Russ.).

9. Pakhomov, V.I., Rudoy, D.V., Tupolskikh, T.I. [et al.]. (2018). Technologies and equipment for extrusion of plant raw materials : textbook / Don State Technical University. Rostov-on-Don: DSTU. (In Russ.).

10. Sushkova, V.I. & Vorobyeva, G.I. (2008). Waste-free conversion of plant raw materials and biologically active substances. Moscow : DeLi print. (In Russ.).

11. Ostrikov, A.N., Abramov, O.V. & Rudometkin, A.S. (2004). Extrusion in food technology. St. Petersburg : GIORO. (In Russ.).

12. Martirosyan, V.V. (2013). Scientific and practical aspects of the use of grain raw material extrudates in the technology of preventive food products: Abstract of a PhD thesis. Moscow. (In Russ.).

13. Leonard, W., Zhang, P., Ying, D. & Fang, Z. (2020). Application of extrusion technology in plant food processing byproducts: An overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 218-246.

14. Alam, M.S., Kaur, J., Khaira, H. & Gupta, K. (2016). Extrusion and extruded products: Changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 445-473.

15. Denisova, V.V. & Kamenskaya, E.P. (2025). Method for preparing extruded corn. *Pridneprovsky Scientific Bulletin*, (2), 100-103. (In Russ.).

Information about the authors

E.P. Kamenskaya - Cand. Sci. (Biology), Associate Professor of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

V.V. Denisova - Master's Student of the Department of Grain Storage and Processing Technology, Polzunov Altai State Technical University.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 17 декабря 2025; одобрена после рецензирования 24 апреля 2026; принята к публикации 18 мая 2026.

The article was received by the editorial board on 17 Dec 2025; approved after editing on 24 Apr 2026; accepted for publication on 18 May 2026.