

УДК 664.6:663.05(06)

Влияние коллагенсодержащих добавок полученных из покровных тканей рыб на качественные характеристики хлеба

¹ Калининградский государственный технический университет,
г. Калининград, Российская Федерация

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Российская Федерация

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:

Чернега Ольга Павловна

E-mail: olga.chernega@klgtu.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:

данные текущего исследования доступны по запросу у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Воробьев, В.И., Чернега, О.П., Фатыхов, Ю.А., Сафронова, Т.В., & Нижникова, Е.В. (2023). Влияние коллагенсодержащих добавок из покровных тканей рыб на качественные характеристики хлеба. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (4), 175–188. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.4.413>

ПОСТУПИЛА: 23.01.2023

ПРИНЯТА: 15.12.2023

ОПУБЛИКОВАНА: 30.12.2023

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.



В. И. Воробьев¹, О. П. Чернега¹, Ю. А. Фатыхов¹, Т. В. Сафронова²,
Е. В. Нижникова¹

АННОТАЦИЯ

Введение: Тенденция к более сбалансированному питанию, способствовала увеличению спроса на хлебобулочные изделия, в рецептурах которых, используются белки, в том числе из гидробионтов. В процессе разделки рыбы, образуется значительное количество недостаточно востребованных покровных тканей, являющиеся богатым источником коллагена (желатина), которые могут быть применены в качестве добавок, позволяющих увеличить биологическую ценность и улучшить качественные показатели готовых хлебобулочных изделий. Предложены новые способы получения добавок из кожи и чешуи рыб, которые способствуют также решению одной из ключевых экономических и экологических проблем рыбной промышленности, безотходной переработки гидробионтов.

Цель: Оценить влияние коллагенсодержащих добавок из покровных тканей рыб, полученных предложенными способами, и используемых в составе рецептур хлеба, на его качественные характеристики.

Материалы и методы: Исследовались добавки, полученные из кожи и чешуи судака, которые смешивались с яблочным соком прямого отжима (рыбные дисперсии), а также полученные опытные образцы хлеба с добавлением дисперсий и контрольные (без их добавления). Определялся общий химический состав (включая кальций) пищевых добавок из чешуи судака и полученных рыбных дисперсий, а также опытных и контрольных образцов хлеба. Исследовались физико-химические, реологические и органолептические показатели как опытных, так и контрольных образцов хлеба.

Результаты: Предложены способы получения хлеба с применением коллагенсодержащих рыбных дисперсий, позволяющие при замене в рецептуре воды на рыбную дисперсию в 1 способе увеличить массовый выход готового изделия на 14,5 %, а во втором на 3 %. Хлеб с рыбной дисперсией имеет меньшую массовую долю углеводов при повышенной массовой доле белка и кальция по отношению к контролю. Внесение рыбных дисперсий не повлияло на запах хлебобулочного изделия. Однако оказало влияние на вкус и цвет как поверхности хлеба, так и его мякиша. Образцы хлеба с рыбной дисперсией обладали лучшими органолептическими свойствами.

Выводы: Коллагенсодержащие добавки, полученные из покровных тканей рыб и используемые в составе рецептур хлеба, увеличивают его массовый выход за счёт удержания влаги в готовом изделии, пищевую ценность и улучшают вкус, по сравнению с контролем (без добавок), что позволяет вовлечь в промышленное производство значительные объёмы мало используемого сырья гидробионтов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

рыбные коллагенсодержащие добавки, рыбная дисперсия, способ получения, коллагенсодержащее волокно, рецептура, хлеб

Influence of Collagen-Containing Additives Obtained from Integumentary Tissues of Fish on the Quality Characteristics of Bread

¹ Kaliningrad State Technical University,
Kaliningrad, Russian Federation

² Lomonosov Moscow State University,
Moscow, Russian Federation

CORRESPONDENCE:

Olga P. Chernega

E-mail: olga.chernega@klgtu.ru

DATA AVAILABILITY:

Data from the current study are available upon request from the corresponding author.

FOR CITATIONS:

Vorobev, V.I., Chernega, O.P., Fatykhov, Yu.A., Safronova, T.V., & Nizhnikova, E.V. (2023). Impact of collagen-containing additives derived from fish skin tissues on the quality characteristics of bread. *Storage and Processing of Farm Products*, (4), 175–188. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.4.413>

RECEIVED: 23.01.2023

ACCEPTED: 15.12.2023

PUBLISHED: 30.12.2023

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



Viktor I. Vorobev¹, Olga P. Chernega¹, Yuri A. Fatykhov¹,
Tatiana V. Safronova², Elena V. Nizhnikova¹

ABSTRACT

Background: The trend towards a more balanced diet has contributed to an increase in demand for baked goods, the recipes of which use proteins, including those from hydrobionts. In the process of cutting fish, a significant amount of insufficiently required integumentary tissue is formed, which is a rich source of collagen (gelatin), which can be used as additives to increase the biological value and improve the quality indicators of finished bakery products. New methods have been proposed for obtaining additives from the skin and scales of fish, which also contribute to solving one of the key economic and environmental problems of the fishing industry, waste-free processing of aquatic organisms.

Purpose: To evaluate the influence of collagen-containing additives from fish integumentary tissues obtained by the proposed methods and used in bread recipes on its quality characteristics.

Materials and Methods: We studied additives obtained from the skin and scales of pike perch, which were mixed with directly pressed apple juice (fish dispersions), as well as the resulting experimental samples of bread with the addition of dispersions and control ones (without their addition). The general chemical composition (including calcium) of food additives from pike perch scales and the resulting fish dispersions, as well as experimental and control samples of bread, was determined. Physico-chemical, rheological and organoleptic indicators of both experimental and control samples of bread were studied.

Results: Methods for producing bread using collagen-containing fish dispersions have been proposed, which allow, by replacing water in the recipe with fish dispersion in the first method, to increase the mass yield of the finished product by 14.5 %, and in the second by 3 %. Bread with fish dispersion has a lower mass fraction of carbohydrates with an increased mass fraction of protein and calcium relative to the control. The addition of fish dispersions did not affect the smell of the bakery product. However, it had an impact on the taste and color of both the surface of the bread and its crumb. Bread samples with fish dispersion had better organoleptic properties.

Conclusions: Collagen-containing additives obtained from fish cover tissues and used in bread formulations increase its mass yield due to moisture retention in the finished product, nutritional value and improve the taste, compared to the control (without additives), which allows to involve in industrial production significant amounts of little used raw materials of hydrobionts.

KEYWORDS

fish collagen-containing additives, fish dispersion, production method, recipe, bread

ВВЕДЕНИЕ

Низкая стоимость основного сырья (злаковые) и относительная простота изготовления хлеба и хлебобулочных изделий способствовали его массовому производству и доступности продукта для всех социальных слоёв населения во всём мире. Хлеб, приготовленный из пшеничной муки, имеет большой объем, светлый цвет, однородный упругий пористый мягкий мякиш, при значительном количестве углеводов (в основном быстроусвояемых с высоким гликемическим индексом), и низким содержании белка, жира, и минеральных веществ (Prieto-Vázquez del Mercado et al 2022; Foster-Powell 2002). Хлеб может обеспечить 1,2 % белка, 60 % тиамина и ниацина, 40 % кальция и 80 % суточной нормы железа, необходимой взрослому человеку (Qajarbeygi et al 2018; Grafenauer et al 2018). Современная тенденция населения планеты к более здоровому сбалансированному питанию способствует увеличению спроса на хлебобулочные изделия с повышенными питательными свойствами (Sharif et al., 2022; Габдукаева и др., 2017; Aghalari et al., 2022). Значительное распространение имеет введение в рецептуру хлебобулочных изделий, с целью полной или частичной замены пшеницы, различных растительных добавок и их концентратов (бобовые, псевдозерновые, злаки, зародыши семян рожкового дерева, грибы, овощи, лебеда, картофель, ягоды, соки и др.) (Bajka et al., 2021; Lau et al 2021; Заикина и др., 2021; Liu et al., 2017; Prieto-Vázquez del Mercado et al 2022). Введение растительных добавок в рецептуру хлебобулочных изделий (ввиду снижения или отсутствия содержания глютена, отвечающего за структуру) в большинстве случаев сопровождается снижением их физико-химических (уменьшение объёма, пористости, влажности и др.) и органолептических показателей качества (тёмный цвет, непривлекательный внешний вид, вкус, запах и др.) (Delcour et al 2012;). Достаточно широко в качестве белковых добавок животного происхождения при производстве хлеба и кондитерских изделий используются молоко, яйца и их производные, а также мясо и продукты его переработки (Мацейчик и др., 2018). В настоящее время, имеется отчётливая тенденция по использованию пище-

вых насекомых в хлебобулочных изделиях (известно более 2000 съедобных видов в мире, таких как кузнечик, жёлтый мучной червь, черный таракан, сверчки и др.) имеющих распространение и как самостоятельного продукта в странах Юго-восточной Азии (Orkusz 2021; Gravel. 2020; Cappelli et al., 2020). Сдерживающим фактором использования пищевых насекомых является высокая стоимость сырья и психологический барьер (отвращение) жителей многих стран мира к их применению в качестве источника пищи. Одним из источников увеличения биологической ценности хлебобулочных изделий являются гидробионты (рыба и продукты её переработки, водоросли, мидии, креветки, артемия, морская вода и др.) (Monteiro et al., 2018; Vijaykrishnaraj et al., 2015; Zebib et al., 2020).

Известно, что желатин, полученный из рыбьей кожи, применяемый в рецептуре приготовления хлеба в количестве 0,5 или 1 % образует желатино-глютеновые комплексы, способствующие увеличению удельного объёма буханки и размеру ячеек мякиша, увеличению водоудерживающей способности и замедлению подвижности воды (Sang et al., et al., 2020).

Коллагенсодержащие покровные ткани рыб (чешуя и кожа), недостаточно востребованы (частично производство кормов, коллагена и продуктов его гидролиза), являясь весьма значимой экономической и экологической проблемой рыбной промышленности, требующей скорейшего решения их переработки. Учитывая значительные количества покровных тканей рыб, ежегодно образующихся в мире (только рыба чешуя оценивается в 8 млн т), представляет интерес в возможности применения коллагенсодержащего рыбного ресурса в качестве добавок при производстве хлебобулочных изделий (Kodali et al., 2020). Предложены способы переработки покровных тканей рыб, позволяющие получить пищевые добавки используемые при производстве хлебобулочных изделий^{1,2}.

Цель исследования: оценить влияние коллагенсодержащих добавок, из покровных тканей рыб, полученных новыми способами и используемых в рецептуре хлеба, на его качественные характеристики.

¹ Воробьев В. И., Чернега О. П., Сафронова Т.В., Нижникова Е. В. (2023) Способ приготовления хлебобулочного изделия. РФ Патент №2798565. Калининград: Калининградский государственный технический университет

² Воробьев В. И., Чернега О. П., Фатыхов Ю. А., Нижникова Е. В. (2022). Способ приготовления хлеба с рыбной добавкой. РФ Патент № 2785619. Калининград: Калининградский государственный технический университет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования

Объектами исследования являлись: образцы хлеба, полученные по традиционной технологии и с применением коллагенсодержащих добавок из рыбьей кожи и чешуи судака; опытные образцы хлеба приготовлены с рыбной дисперсией, а контроль с водой.

В работе было использовано следующее сырье: мука пшеничная по ГОСТ 26574–2017 «Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия»³; сахар по ГОСТ 33222–2015 «Сахар белый. Технические условия»⁴; дрожжи хлебопекарные сухие по ГОСТ Р 54845–2011 «Дрожжи хлебопекарные сушеные. Технические условия»⁵; молоко коровье по ГОСТ 31450–2013 «Молоко питьевое. Технические условия»⁶; соль по ГОСТ Р 51574–2018 «Соль пищевая. Общие технические условия»⁷.

Оборудование

Мойку рыбного сырья в капроновой сетке осуществляли в стиральной машине (модель LG F2WN2S6S3E; LG, Вроцлав, Польша). Для очистки и разделения рыбного сырья на кожу и чешую использовали смеситель Moulinex Delico FP203 (500 Вт). Очищенную, рыбью чешую обезвоживали в электросушилке Спектр-Прибор ЭСОФ-2–0,6/220 Ветерок-2 (ООО «Спектр-Прибор», г. Курск, Россия). Измельчение высушенной чешуи производили при помощи измельчителя (чаша 0,8 литра, 36000 об/мин, 3000 Вт, производитель Zhejiang Winki Plastic Co., Ltd., Уи, Китай). Сепарирование измельчённой смеси чешуи осуществляли при помощи вибросита (модель PS-300B, Yonkang WD Industry and Trade Ltd., Юнкан, Китай). Гидролизованную рыбную кожу с порошком чешуи гомогенизировали погружным блендером «Bosch» (750W).

Рисунок 1

Определение свежести опытных и контрольных образцов хлеба на приборе Brookfield CT3 Texture Analyzer



В процессе работы использовали сушильный шкаф SNOL 24/200, хлебопечку Moulinex OW1101, Brookfield CT3 Texture Analyzer, весы лабораторные общего назначения, титровальные установки, анализатор белка по методу Кьельдаля (DK6+UDK 127).

Для изучения изменения текстуры опытных и контрольных образцов хлеба в процессе хранения были проведены испытания на сжатие, на приборе Brookfield CT3 Texture Analyzer, дающее представление о скорости черствения хлеба, имеющего различный рецептурный состав (Рисунок 1).

Инструменты

Сита 150 и 170 меш, линейка, стеклянная посуда, дистиллированная вода, химические реактивы.

³ ГОСТ 26574–2017. (2018). Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁴ ГОСТ 33222–2015. (2019). Сахар белый. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ Р 54845–2011. (2013). Дрожжи хлебопекарные сушеные. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ 31450–2013. (2019). Молоко питьевое. Технические условия. М.: Стандартинформ.

⁷ ГОСТ Р 51574–2018. (2018). Соль пищевая. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

Методы

Получение пищевых добавок из рыбьей кожи и чешуи судака и их дисперсий, а также изготовление образцов хлеба, осуществляли в лабораториях кафедры технологии продуктов питания и органической химии ФГБОУ ВО «КГТУ» (г. Калининград).

Определение общего химического состава (включая кальций), реологических и органолептических показателей контрольных и опытных образцов хлеба осуществляли в лабораториях кафедры технологии продуктов питания и органической химии ФГБОУ ВО «КГТУ» (г. Калининград) а также сертифицированной испытательной лаборатории ООО «Калининградский испытательный центр».

Общий химический состав (включая кальций) определяли согласно следующей нормативной документации. Массовую долю влаги по ГОСТ Р 54607.4–2015 (п.7.1)⁸, жира по ГОСТ Р 54607.5–2015 (п. 7.1)⁹, белка по ГОСТ 54607.7–2016¹⁰, кальция по ГОСТ Р 55573–2013 (п.4)¹¹, золы по ГОСТ 54607.10–2017¹², массовую долю углеводов согласно МУ № 4237–86 от 29.12.86 г. (расчетным методом)¹³.

Влажность мякиша готовых хлебобулочных изделий определяли по ГОСТ 21094–75 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности»¹⁴,

пористость мякиша по ГОСТ 5669–96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости»¹⁵, формоустойчивость по ГОСТ 27669–88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба»¹⁶, кислотность по ГОСТ 5670–96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности»¹⁷. Органолептические показатели хлеба на соответствие ГОСТ 31805–2018 «Изделия хлебопекарные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия»¹⁸ определяли по ГОСТ 5667–65 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий»¹⁹.

Процедура исследования

Исследования проводили в течение 5 дней хранения при температуре 20±2°C упакованных в полиэтиленовую упаковку опытных и контрольных образцов хлеба. Один ломтик хлеба толщиной 25 мм помещали под цилиндрический зонд диаметром 38,1 мм при скорости испытания 2 мм/с. Зонд погружали в мякиш хлеба на 10 мм. Расстояние, пройденное под нагрузкой, являлось сжимаемостью, которая характеризовало упругость хлеба. Пиковую нагрузку использовали в качестве показателя свежести. Нагрузку сжатия регистрировали в Ньюто-

⁸ ГОСТ Р 54607.4–2015. (2019). Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 4. Методы определения влаги и сухих веществ. М.: Стандартинформ.

⁹ ГОСТ Р 54607.5–2015. (2020). Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 5. Методы определения жира. М.: Стандартинформ.

¹⁰ ГОСТ 54607.7–2016. (2019). Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 7. Определение белка методом Кьельдаля. М.: Стандартинформ.

¹¹ ГОСТ Р 55573–2013. (2020). Мясо и мясные продукты. Определение кальция атомно-абсорбционным и титриметрическим методами. М.: Стандартинформ.

¹² ГОСТ 54607.10–2017. (2019). Услуги общественного питания. Методы лабораторного контроля продукции общественного питания. Часть 10. Определение массовой доли общей золы. М.: Стандартинформ.

¹³ МУ № 4237–86. (1986). Методические указания по гигиеническому контролю за питанием в организованных коллективах. М.: Минздрав СССР.

¹⁴ ГОСТ 21094–75. (2016). Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности. М.: Стандартинформ.

¹⁵ ГОСТ 5669–96 Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации.

¹⁶ ГОСТ 27669–88. (2007). Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба. М.: Стандартинформ.

¹⁷ ГОСТ 5670–96. (2006). Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации

¹⁸ ГОСТ 31805–2018. (2019). Изделия хлебопекарные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия. М.: Стандартинформ.

¹⁹ ГОСТ 5667–65. (2016). Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий. М.: Стандартинформ.

нах. Всего испытывали по три образца для каждой буханки на всех этапах хранения.

При получении опытных и контрольных образцов хлеба, предварительно были наработаны опытные партии коллагенсодержащих добавок из чешуи судака согласно ранее разработанного способа, заключающегося в очистке и мойки сырья с последующей его сушкой, измельчением, сепарированием и получением фракций в виде коллагенсодержащего волокна и порошка с размером частиц 0,1 мм и менее (Воробьев и др., 2021; Воробьев и др., 2022).

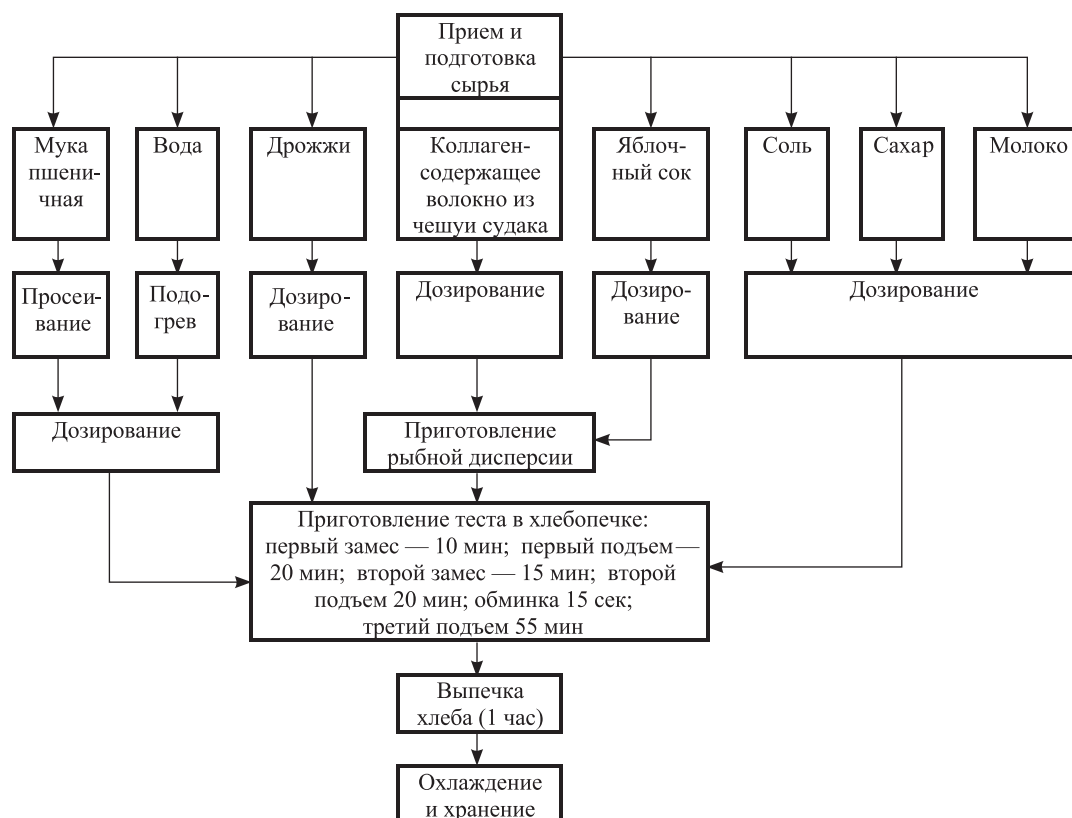
К полученному коллагенсодержащему волокну добавляли яблочный сок в массовом соотношении 1:10, выдерживали 30 минут при комнатной температуре и гомогенизировали до однородной консистенции (способ 1). Согласно другому способу пищевые добавки получали из кожи с чешуёй, где очищенную и промытую водой рыбью кожу с чешуей (судак) обрабатывали в смесителе (Moulinex Delico FP203 (500 Вт)) с добавлением пищевой соли NaCl и льда до отделения чешуи от кожи, полученную смесь промывали и фракционировали с получением отдельно

кожи и чешуи. Рыбью чешую обрабатывали аналогично ранее разработанного способа, с получением порошка чешуи. Рыбью кожу выдерживали в водном растворе пищевой соли NaCl и соды NaHCO_3 , взятых в массовом соотношении сырье/вода/соль/сода соответственно, как 100:400:5:1 в течение 40 мин., далее отделяли жидкую часть и промывали водой. Очищенную рыбью кожу смешивали с яблочным соком в массовом соотношении 1:12 и выдерживали в течение 96 часов при температуре 40С. Далее полученный порошок рыбьей чешуи (размер частиц не более 0,088 мм), смешивали с гидролизованной рыбьей кожей в массовом соотношении 1:10, и гомогенизировали погружным блендером («Bosch» (750W).), получая однородную рыбную дисперсию без запаха рыбы (способ 2).

Изготовление опытных и контрольных образцов хлеба с добавлением рыбных дисперсий (способ 1 и 2) осуществляли в хлебопечке (Moulinex. модель: OW1101, мощность 600W). Общее время выпекания составляет 3 часа. Выработка контрольных и опытных образцов хлеба производилась согласно следующей схеме (Рисунок 2).

Рисунок 2

Технологическая схема производства хлеба с использованием рыбной дисперсии и без нее.



Анализ данных

Применяли статистический метод обработки экспериментальных данных, в ходе которого определяли среднее значение искомой величины из 5-и кратной повторности, среднеквадратическое отклонение и доверительный интервал при помощи программного пакета Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общий химический состав (включая кальций) полученных пищевых добавок из чешуи судака и рыбных дисперсии, согласно предложенным способам 1 и 2 представлен в Таблице 1.

Таблица 1

Общий химический состав (включая кальций) пищевых добавок из чешуи судака и полученных рыбных дисперсии, согласно предложенным способам 1 и 2

Пищевые добавки (из чешуи судака) и рыбные дисперсии, полученные, согласно способов 1 и 2	Общий химический состав, %					
	Влага	Белок	Жир	Углеводы	Общая зола	Кальций
Коллагенсодержащее волокно с размером частиц 2,5 мм и более	9,2	64,7	3,7	—	22,4	6,6
Порошок (чешуя с размером частиц менее 0,088 мм)	6,7	25,7	2,3	—	63,8	20,5
Способ 1. Рыбная дисперсия (смесь коллагенсодержащего волокна в яблочном соке взятых в массовом соотношении 1:10)	80,58	5,92	0,33	10,74	2,44	0,50
Способ 2. Рыбная дисперсия (смесь гидролизованной в яблочном соке кожи судака в массовом соотношении 1:12, с добавлением порошка из чешуи в массовом соотношении 10:1).	78,60	4,10	0,20	9,90	6,20	1,90

Таблица 2

Рецептуры опытных и контрольных образцов хлеба

Ингредиенты	Масса, г			
	Способ 1		Способ 2	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Мука пшеничная	600	600	600	600
Молоко коровье жирностью 2,5 %	260	260	260	260
Дрожжи сухие	5	5	5	5
Сахар белый	35	35	35	35
Соль (NaCl)	7	7	10	—
Вода	100	—	100	—
Рыбная дисперсия	—	100	—	100
Минеральная добавка (рыбья чешуя)	—	—	—	10
Итого:	1007	1007	1010	1010
Масса готового хлеба, г	762	873	750	773
Массовая доля влаги, %	40,7	46,4	37,1	42,2

Как видно из Таблицы 1 массовая доля сухих веществ в рыбных дисперсиях составляет от 19,42 до 21,40 %. При этом массовая доля белка от общего содержания сухих веществ составляет для дисперсий от 19,16 до 30,48 %. Повышенная массовая доля кальция в рыбной дисперсии (способ 2) обусловлена добавлением рыбного порошка (состоит преимущественно из гидроксипатита кальция).

С целью увеличения биологической ценности и улучшения качественных показателей готовой продукции в традиционную рецептуру хлеба была добавлена рыбная дисперсия.

Рецептуры и общая масса полученных опытных и контрольных образцов хлеба представлена в Таблице 2.

Таблица 3

Общий химический состав (на абсолютно сухое вещество) в %, включая кальций, опытных и контрольных образцов хлеба

Показатель	Содержание в 100 г изделия			
	Способ 1		Способ 2	
	Контроль	Опыт	Контроль	Опыт
Белки, г	13,66	14,46	13,52	15,58
Жиры, г	0,67	0,72	0,95	0,96
Углеводы, г	83,91	82,61	83,36	81,31
Зола	1,76	2,21	2,16	1,96
Са	0,261	0,521	0,267	0,618
Энергетическая ценность, ккал	396,31	394,76	396,07	396,2

Как видно из Таблицы 2, основным отличием опытной рецептуры от контроля являлась замена воды в количестве 100 г (контроль) на рыбную дисперсию в аналогичном количестве (способ 1), а также дополнительно соли (NaCl) в количестве 10 г (кон-

троль) на аналогичное количество минеральной добавки (опыт) полученной из рыбьей чешуи (способ 2). Хлеб с рыбной дисперсией имеет большую массу и массовую долю влаги, чем хлеб, полученный по контрольной рецептуре. При замене в рецептуре воды на рыбную дисперсию в первом способе массовый выход готового изделия увеличился на 14,5 %, а во втором на 3 %.

Общий химический состав (включая кальций) полученных образцов хлеба представлен в Таблице 3.

Согласно данным Таблицы 3, хлеб с рыбной дисперсией имеет меньшую массовую долю углеводов при повышенной массовой доле белка и кальция по отношению к контролю.

Влияние коллагенсодержащих добавок из покровных тканей рыб на физико-химические показатели контрольных и опытных образцов хлеба представлены в Таблице 4.

Согласно данным Таблицы 4, показатель формоустойчивости и влажности образцов, полученных

Таблица 4

Физико-химические показатели контрольных и опытных образцов хлеба

Показатель	Образцы хлеба											
	Контроль						Опыт					
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Результат измерений	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Результат измерений
<i>Способ 1</i>												
Формоустойчивость хлеба	0,82	0,80	0,85	0,82	0,84	$0,83 \pm 0,04$ $\alpha = 0,98$	0,88	0,91	0,88	0,88	0,90	$0,88 \pm 0,22$ $\alpha = 0,98$
Пористость, %	70,0	74,0	77,0	75,0	77,0	$74,6 \pm 4,8$ $\alpha = 0,98$	75,0	74,0	72,0	75,0	70,0	$73,2 \pm 3,7$ $\alpha = 0,98$
Влажность, %	40,7	41,0	39,5	40,2	40,1	$40,3 \pm 0,9$ $\alpha = 0,98$	46,4	46,0	46,8	46,5	45,8	$46,3 \pm 0,4$ $\alpha = 0,98$
Кислотность, (град)	2,70	2,78	2,70	2,72	2,70	$2,72 \pm 0,07$ $\alpha = 0,98$	2,92	2,89	2,95	2,93	2,82	$2,90 \pm 0,08$ $\alpha = 0,98$
<i>Способ 2</i>												
Формоустойчивость хлеба	1,36	1,33	1,28	1,36	1,36	$1,33 \pm 0,07$ $\alpha = 0,98$	1,05	1,12	1,16	1,05	1,13	$1,10 \pm 0,07$ $\alpha = 0,98$
Пористость, %	73,0	74,5	76,1	74,0	73,5	$73,8 \pm 1,3$ $\alpha = 0,98$	80,0	82,5	79,8	80,0	80,0	$79,9 \pm 0,2$ $\alpha = 0,98$
Влажность, %	37,1	36,9	36,4	37,2	37,1	$36,9 \pm 0,4$ $\alpha = 0,98$	42,2	41,9	42,0	42,2	41,8	$42,0 \pm 0,3$ $\alpha = 0,98$
Кислотность, (град)	2,63	2,55	2,50	2,69	2,63	$2,60 \pm 0,1$ $\alpha = 0,98$	2,70	2,65	2,67	2,70	2,63	$2,70 \pm 0,07$ $\alpha = 0,98$

первым способом ниже, чем во втором, как в контроле, так и в опыте, при этом формоустойчивость контрольного образца (0,83) первого способа ниже, чем опытного (0,88). Показатель формоустойчивости второго способа в контроле (1,33) выше, чем в опытном образце (1,10). Пористость контрольного образца (74,6%) первого способа была несколько выше, чем у опытного образца (73,2%). Пористость контрольного образца второго способа (73,8) была ниже, чем у опытного образца (79,9). Данные значения влажности соответствовали ГОСТ 31805–2018 «Изделия хлебобулочные из пшеничной муки. Общие технические условия» в допустимых пределах — 19,0–52,0%. Кислотность у полученных образцов также была не выше нормы — 3,5 град.

Внешний вид выпеченных контрольных и опытных образцов хлеба представлены на Рисунках 3 и 4.

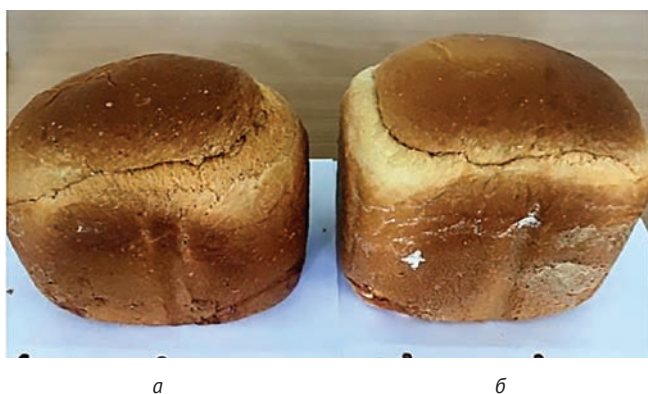
Оценку комплексных органолептических показателей контрольных и опытных образцов готовых изделий проводили по 5 балльной шкале. При органолептической оценке контрольных и опытных образцов обращали внимание на их внешний вид (форма, состояние поверхности, цвет), состояние мякиша (пропеченность, промес, цвет, пористость).

Контрольные и опытные образцы хлеба в разрезе представлены на Рисунке 5.

Органолептические показатели опытных и контрольных образцов хлеба соответствовали ГОСТ 31805–2018 «Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия».

Внесение рыбных дисперсий не повлияло на запахи хлебобулочного изделия. Однако оказало влия-

Рисунок 3
Образцы хлеба



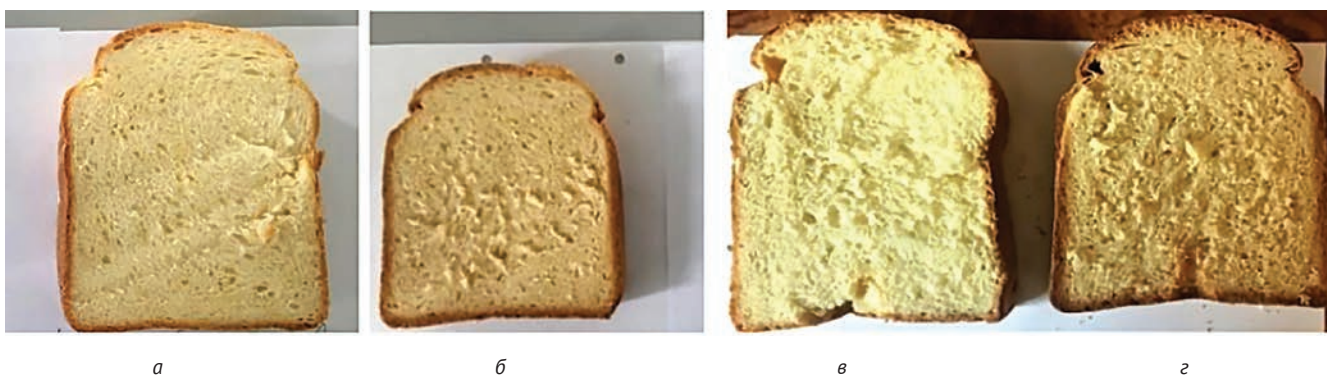
Примечание: а — опытный образец, б — контроль (способ 1).

Рисунок 4
Образцы хлеба



Примечание: а — контроль, б — опытный образец (способ 2)

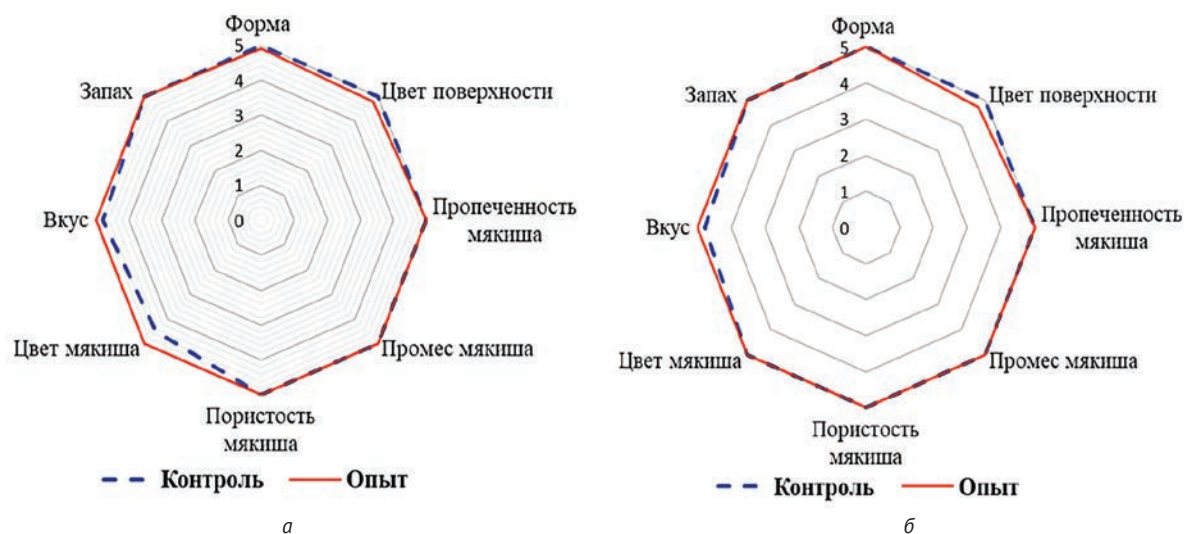
Рисунок 5
Вид хлеба на разрезе



Примечание: а — контроль, б — опытный образец (способ 1), в — опытный образец, г — контроль (способ 2).

Рисунок 6

Органолептический профиль опытных и контрольных образцов хлеба



Примечание. а – 1 способ, б – 2 способ.

яние на цвет поверхности хлеба и цвет его мякиша. У опытных образцов в сравнении с контролем была более темная поверхность и более яркий цвет мякиша. Вкус более насыщенный сладковатый. Образцы хлеба с рыбной дисперсией обладали лучшими органолептическими свойствами. Известно, что рыба кожа содержит в своем составе, жирные кислоты омега-3, витамин D, E, A, B₁₂, йод, селен и таурин, а чешуя, макро- и микроэлементы такие как Ca, P, K, Mg, Na, S и др. (в нашем исследовании не определялись), что также способствует улучшению пищевой ценности опытных образцов хлеба (Sahena et al., 2010). Органолептический профиль опытных и контрольных образцов хлеба представлен на Рисунке 6.

Средние значения пиковой нагрузки на опытные образцы ломтиков хлеба, определенные при помощи прибора Brookfield CT3 Texture Analyzer, дающие представление о процессе черствения хлеба с применением рыбных дисперсий по первому и второму способам с представлены на Рисунках 7 и 8.

Как видно из Рисунков 7 и 8, результаты за период черствения показали разницу между образцами в растяжимости мякиша и площади работы до пиковой деформации. Значения пиковой нагрузки в течение 4-х дней хранения были ниже у опытных образцов, на пятый у контрольных. Пиковые значения нагрузки на хлебный мякиш продемонстриро-

Рисунок 7

Динамика старения (черствения) опытных и контрольных образцов хлеба (способ 1)

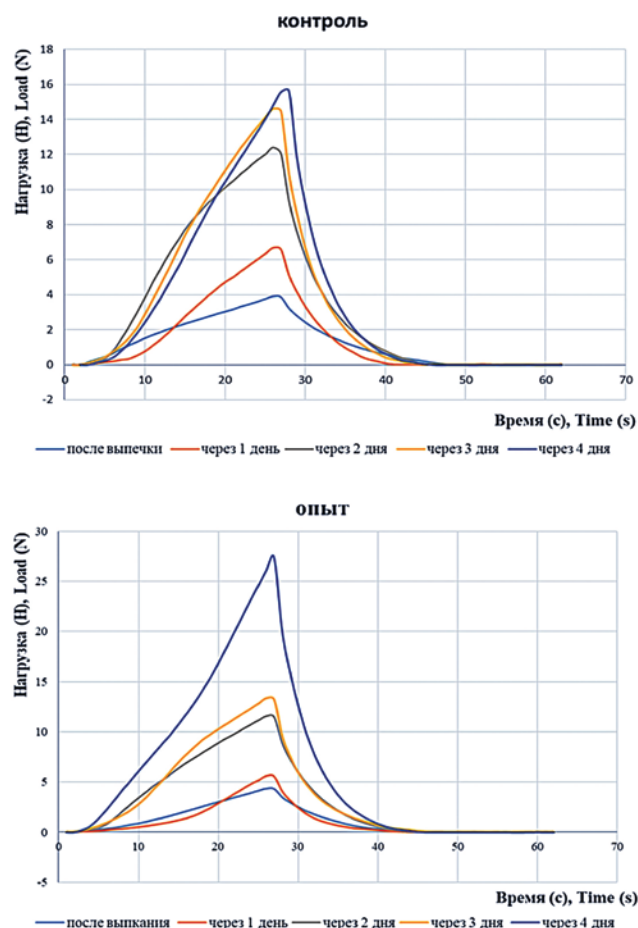
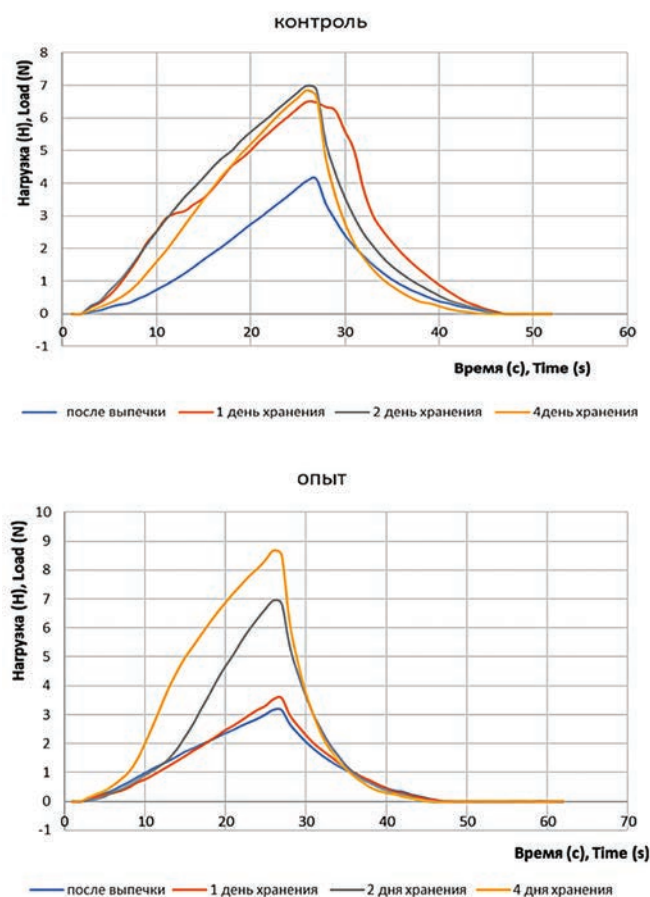


Рисунок 8

Динамика старения (черствения) опытных и контрольных образцов хлеба (способ 2)



вали одинаковую динамику старения всех образцов — увеличение по мере хранения.

Чешуя и кожа рыб считаются рыбными отходами, подвергающиеся быстрой порче, которые в основном используются как сырье при производстве кормовой рыбной муки. Количество исследований, касающихся их переработки на пищевые цели незначительно и в основном направлены на получение из них продуктов (коллаген, желатин, пептиды) способом гидролиза, являющимся длительным и дорогостоящим процессом, ограничивающим их использование в промышленном масштабе.

Применение простых физических способов переработки покровных тканей рыб без использования процесса гидролиза (чешуя), а также получение гидролата из кожи с применением в качестве реакцион-

ной среды кислотосодержащих натуральных фруктовых соков, позволяет значительно сократить продолжительность обработки сырья и снизить стоимость получаемых пищевых добавок.

Предложенный авторами вариант способов получения хлеба с использованием рыбных дисперсий, показывает, что применение коллагенсодержащего сырья позволяет получить продукт с повышенной биологической ценностью и улучшенными органолептическими свойствами.

Необходимо отметить, что при исследовании физико-химических показателей исследуемых образцов хлеба для достоверного определения объема опытных образцов в обоих способах необходимо большее количество проведенных экспериментов, так как отклонение объема опытных образцов от контроля в проведенных исследованиях, наблюдалось как в сторону уменьшения, так и увеличения (что требует проведения дополнительных исследований). В целом можно сказать, что изменение объема опытных образцов, по сравнению с контролем согласно проведенных исследований незначительно.

Внесение рыбных дисперсий в количестве 9,9% от общей массы сырья не оказывает значительное влияние на физико-химические показатели качества хлеба полученного двумя способами, за исключением влажности, которая была выше в опытных образцах (46,3% и 42,0%), чем соответственно в контроле (40,3% и 36,9%). Это обусловлено способностью коллагенового волокна удерживать влагу, что приводит к увеличению массового выхода готового изделия.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования подтвердили гипотезу о возможности вовлечении коллагенсодержащих покровных тканей рыб в процесс производства пищевых добавок используемых при производстве хлебобулочных изделий.

Замена в рецептуре хлеба воды на рыбные дисперсии, полученные различными способами из покровных тканей гидробионтов, состоящие из смеси коллагенсодержащих добавок из рыбьей кожи и чешуи с яблочным соком, способствует повышению его пищевой ценности за счет увеличения содержа-

ния белка (в т.ч. коллагена) и кальция, при уменьшении углеводов (снижение гликемического индекса) и увеличению массового выхода и массовой доли влаги в готовом продукте, а также улучшению вкуса, при сохранении органолептических свойств в процессе хранения (пористость и упругость мякиша и др.) аналогичных контролю.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Воробьев Виктор Иванович: концептуализация; методология, ресурсы, создание рукописи и ее редактирование.

Чернега Ольга Павловна: проведение исследований, создание рукописи и ее редактирование.

Фатыхов Юрий Адгамович: концептуализация, руководство исследованием, получение финансирования.

Сафронова Татьяна Викторовна: верификация данных, создание рукописи и ее редактирование

Нижникова Елена Владимировна: анализ, разработка и получение исследуемого материала, проведение исследований.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Воробьев, В. И., & Нижникова, Е. В. (2021). Получение фракций коллагена и гидроксиапатита из рыбьей чешуи. *Известия Калининградского государственного технического университета*, (62), 80–91. <https://doi.org/10.46845/1997-3071-2021-62-80-91>
- Vorobiev, V. I., & Nizhnikova, E. V. (2021). Extraction of collagen and hydroxyapatite fractions from fish scales. *News of the Kaliningrad State Technical University*, (62), 80–91. (In Russ.) <https://doi.org/10.46845/1997-3071-2021-62-80-91>
- Габдукаева, Л. З., & Сорокина, Е. С. (2017). Характеристика современного рынка хлебобулочных изделий для функционального питания. *Вестник Казанского технологического университета*, 20(1), 151–154.
- Gabdukaeva, L. Z., & Sorokina, E. S. (2017). Characteristics of the modern market of bakery products for functional nutrition. *Bulletin of Kazan Technological University*, 20(1), 151–154. (In Russ.)
- Заикина, М. А., Ковалева, А. Е., Пьяникова, Э. А., & Рязанцева, А. С. (2021). Сравнительный анализ влияния пищевых добавок на технологию производства и качественные показатели хлеба пшеничного. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 83(2), 79–86. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-79-86>
- Zaikina, M. A., Kovaleva, A. E., Pyanikova, E. A., & Ryazantseva, A. S. (2021). Comparative analysis of the influence of food additives on the production technology and quality indicators of wheat bread. *Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies*, 83(2), 79–86. (In Russ.) <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-2-79-86>
- Ключко, Н. Ю., & Позднякова, Д. А. (2022). Исследование по совершенствованию технологии хлебобулочного изделия, обогащенного рыбной белково-минеральной добавкой. *Известия Калининградского государственного технического университета*, (66), 103–111. <https://doi.org/10.46845/1997-3071-2022-66-103-111>
- Klyuchko, N. Yu., & Pozdnyakova, D. A. (2022). Research on the improvement of bakery product technology enriched with fish protein-mineral additive. *News of the Kaliningrad State Technical University*, (66), 103–111. (In Russ.) <https://doi.org/10.46845/1997-3071-2022-66-103-111>
- Мацейчик, И. В., Корпачева, С. М., Ткач, А. Н., & Суворова, Е. А. (2018). Использование комплексных добавок из природного сырья при разработке рецептур хлебобулочных изделий. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, (8), 158–165. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-4-158-165>
- Matseichik, I. V., Korpacheva, S. M., Tkach, A. N., & Suvorova, E. A. (2018). The use of complex additives from natural raw materials in the development of bakery product recipes. *University News. Applied Chemistry and Biotechnology*, (8), 158–165. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-4-158-165>
- Aghalari, Z., Dahms, H. U., & Sillanpää, M. (2022). Evaluation of nutrients in bread: A systematic review. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 41(1), Article 50. <https://doi.org/10.1186/s41043-022-00329-3>
- Bajka, B. H., Pinto, A. M., Ahn-Jarvis, J., Ryden, P., Perez-Moral, N., van der Schoot, A., Stoccho, C., Bland, C., Berry, S. E., Ellis, P. R., & Edwards, C. H. (2021). The impact of replacing wheat flour with cellular legume powder on starch bioaccessibility, glycaemic response and bread roll quality: A double-blind randomised controlled trial in healthy participants. *Food hydrocolloids*, 114, Article 106565. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106565>
- Cappelli, A., Oliva, N., Bonaccorsi, G., Lorini, C., & Cini, E. (2020). Assessment of the rheological properties and bread characteristics obtained by innovative protein sources (*Cicer arietinum*, *Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*): Novel food or potential improvers for wheat flour. *LWT — Food Science and Technology*, 118, Article 108867. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108867>
- Delcour, J. A., Joye, I. J., Pareyt, B., Wilderjans, E., Brijs, K., & Lagrain, B. (2012). Wheat gluten functionality as a quality determinant in cereal-based food products.

- Annual Review of Food Science and Technology*, 3, 469–492. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101303>
- Foster-Powell, K., Holt, S. H. A., & Brand-Miller, J. C. (2002). International table of glycemic index and glycemic load. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1), 5–56. <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.1.5>
- Ghaffari, S., Hosseini, S. V., Farhangi, M., & Boreiri, M. (2021). The effect of different levels of protein concentrate silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) to the profiles mineral production test breads. *Journal of Food Science and Technology*, 18(111), 117–129. <https://doi.org/10.52547/fsct.18.111.117>
- Grafenauer, S., & Curtain, F. (2018). An audit of Australian bread with a focus on loaf breads and whole grain. *Nutrients*, 10(8), Article 1106. <https://doi.org/10.3390/nu10081106>
- Gravel, A., & Doyen, A. (2020). The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 59, Article 102272. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102272>
- Kodali, D., Hembrick-Holloman, V., Gunturu, D. R., Samuel, T., Jeelani, S., & Rangari, V. K. (2022). Influence of Fish Scale-Based Hydroxyapatite on Forcespun Polycaprolactone Fiber Scaffolds. *ACS omega*, 7(10), 8323–8335. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c05593>
- Lau, K. Q., Sabran, M. R., & Shafie, S. R. (2021). Utilization of vegetable and fruit by-products as functional ingredient and food. *Frontiers in Nutrition*, 8, Article 661693. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.661693>
- Liu, X., Mu, T., Sun, H., Zhang, M., Chen, J., & Fauconnier, M. L. (2017). Comparative study of the nutritional quality of potato–wheat steamed and baked breads made with four potato flour cultivars. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 68(2), 167–178. <https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1226272>
- Monteiro, M. L. G., Mársico, E. T., Soares Junior, M. S., Deliza, R., de Oliveira, D. C., & Conte-Junior, C. A. (2018). Tilapia-waste flour as a natural nutritional replacer for bread: A consumer perspective. *PloS one*, 13(5), Article e0196665. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196665.t002>
- Orkusz, A. (2021). Edible insects versus meat — Nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health. *Nutrients*, 13(4), Article 1207. <https://doi.org/10.3390/nu13041207>
- Prieto-Vázquez del Mercado, P., Mojica, L., & Morales-Hernández, N. (2022). Protein ingredients in bread: Technological, textural and health implications. *Foods*, 11(16), Article 2399. <https://doi.org/10.3390/foods11162399>
- Qajarbeygi, P., Kazeminia, M., & Mahmoudi, R. (2018). Determine the quality of bread samples used in Qazvin, Iran. *Journal of Chemical Health Risks*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.22034/jchr.2018.544195>
- Sang, S., Ou, C., Fu, Y., Su, X., Jin, Y., & Xu, X. (2022). Complexation of fish skin gelatin with glutentin and its effect on the properties of wheat dough and bread. *Food Chemistry*, 14, Article 100319. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100319>
- Sharif, M. K., Saleem, M., Sharif, H. R., & Saleem, R. (2022). Enrichment and fortification of traditional foods with plant protein isolates. In A. Manickavasagan, L. T. Lim, A. Ali (Eds.). *Plant protein foods* (pp. 131–169). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91206-2_5
- Vijaykrishnaraj, M., Bharath Kumar, S., & Prabhasankar, P. (2015). Green mussel (*Perna canaliculus*) as a marine ingredient to enrich gluten free pasta: Product quality, microstructure and biofunctional evaluation. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9, 76–85. <https://doi.org/10.1007/s11694-014-9212-5>
- Zebib, H., Teame, T., Aregawi, T., & Meresa, T. (2020). Nutritional and sensory acceptability of wheat bread from fish flour. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), Article 1714831. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1714831>
- Aghalari, Z., Dahms, H. U., & Sillanpää, M. (2022). Evaluation of nutrients in bread: A systematic review. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 41(1), Article 50. <https://doi.org/10.1186/s41043-022-00329-3>
- Bajka, B. H., Pinto, A. M., Ahn-Jarvis, J., Ryden, P., Perez-Moral, N., van der Schoot, A., Stoccho, C., Bland, C., Berry, S. E., Ellis, P. R., & Edwards, C. H. (2021). The impact of replacing wheat flour with cellular legume powder on starch bioaccessibility, glycaemic response and bread roll quality: A double-blind randomised controlled trial in healthy participants. *Food hydrocolloids*, 114, Article 106565. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106565>
- Cappelli, A., Oliva, N., Bonaccorsi, G., Lorini, C., & Cini, E. (2020). Assessment of the rheological properties and bread characteristics obtained by innovative protein sources (*Cicer arietinum*, *Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*): Novel food or potential improvers for wheat flour. *LWT — Food Science and Technology*, 118, Article 108867. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108867>
- Delcour, J. A., Joye, I. J., Pareyt, B., Wilderjans, E., Brijs, K., & Lagrain, B. (2012). Wheat gluten functionality as a quality determinant in cereal-based food products. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3, 469–492. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101303>
- Foster-Powell, K., Holt, S. H. A., & Brand-Miller, J. C. (2002). International table of glycemic index and glycemic load. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1), 5–56. <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.1.5>
- Ghaffari, S., Hosseini, S. V., Farhangi, M., & Boreiri, M. (2021). The effect of different levels of protein concentrate silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) to the profiles mineral production test breads. *Journal of Food Science and Technology*, 18(111), 117–129. <https://doi.org/10.52547/fsct.18.111.117>
- Grafenauer, S., & Curtain, F. (2018). An audit of Australian bread with a focus on loaf breads and whole grain. *Nutrients*, 10(8), Article 1106. <https://doi.org/10.3390/nu10081106>
- Gravel, A., & Doyen, A. (2020). The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 59, Article 102272. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102272>

- Kodali, D., Hembrick-Holloman, V., Gunturu, D. R., Samuel, T., Jeelani, S., & Rangari, V. K. (2022). Influence of Fish Scale-Based Hydroxyapatite on Forcespun Polycaprolactone Fiber Scaffolds. *ACS omega*, 7(10), 8323–8335. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c05593>
- Lau, K. Q., Sabran, M. R., & Shafie, S. R. (2021). Utilization of vegetable and fruit by-products as functional ingredient and food. *Frontiers in Nutrition*, 8, Article 661693. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.661693>
- Liu, X., Mu, T., Sun, H., Zhang, M., Chen, J., & Fauconnier, M. L. (2017). Comparative study of the nutritional quality of potato–wheat steamed and baked breads made with four potato flour cultivars. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 68(2), 167–178. <https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1226272>
- Monteiro, M. L. G., Mársico, E. T., Soares Junior, M. S., Deliza, R., de Oliveira, D. C., & Conte-Junior, C. A. (2018). Tilapia-waste flour as a natural nutritional replacer for bread: A consumer perspective. *PloS one*, 13(5), Article e0196665. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196665.t002>
- Orkusz, A. (2021). Edible insects versus meat — Nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health. *Nutrients*, 13(4), Article 1207. <https://doi.org/10.3390/nu13041207>
- Prieto-Vázquez del Mercado, P., Mojica, L., & Morales-Hernández, N. (2022). Protein ingredients in bread: Technological, textural and health implications. *Foods*, 11(16), Article 2399. <https://doi.org/10.3390/foods11162399>
- Qajarbeygi, P., Kazeminia, M., & Mahmoudi, R. (2018). Determine the quality of bread samples used in Qazvin, Iran. *Journal of Chemical Health Risks*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.22034/jchr.2018.544195>
- Sang, S., Ou, C., Fu, Y., Su, X., Jin, Y., & Xu, X. (2022). Complexation of fish skin gelatin with glutentin and its effect on the properties of wheat dough and bread. *Food Chemistry*, 14, Article 100319. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100319>
- Sharif, M. K., Saleem, M., Sharif, H. R., & Saleem, R. (2022). Enrichment and fortification of traditional foods with plant protein isolates. In A. Manickavasagan, L. T. Lim, A. Ali (Eds.). *Plant protein foods* (pp. 131–169). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91206-2_5
- Vijaykrishnaraj, M., Bharath Kumar, S., & Prabhasankar, P. (2015). Green mussel (*Perna canaliculus*) as a marine ingredient to enrich gluten free pasta: Product quality, microstructure and biofunctional evaluation. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9, 76–85. <https://doi.org/10.1007/s11694-014-9212-5>
- Zebib, H., Teame, T., Aregawi, T., & Meresa, T. (2020). Nutritional and sensory acceptability of wheat bread from fish flour. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), Article 1714831. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1714831>