



Научная статья
4.3.3. – Пищевые системы (технические науки)
УДК664.66.022.39

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.01.002

 EDN: IFUWHY

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ МОРСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Екатерина Павловна Караулова ¹, Марина Борисовна Клипак ²,
Татьяна Ноевна Слуцкая ³

^{1, 3} Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Владивосток, Россия

² ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», Владивосток, Россия

¹ ekaterina.karaulova@tinro.vniro.ru ORCID 0000-0001-8508-9603

² marina.81928@gmail.com ORCID 0009-0008-0209-4262

³ slutskaya@tinro.ru ORCID 0000-0002-3228-3047

Аннотация. Традиционным способом обогащения хлебобулочных изделий является внесение компонентов растительного происхождения и продуктов их переработки. Однако в последнее время развиваются способы обогащения пищевой продукции с применением морского сырья, как правило, отходов его переработки. Обоснована перспективность и возможность использования ферментоллизата коллагенсодержащего рыбного сырья в технологии хлебобулочных изделий. Установлено, что в ферментоллизате, полученном из кожи минтая, содержание низкомолекулярных водорастворимых пептидов достигает 91 % от количества водорастворимого белка, что является основанием его использования в качестве функциональной добавки для обогащения пшеничного хлеба биологически активными веществами морского происхождения.

Использование ферментоллизата в количестве от 5 до 14 % к массе тестового полуфабриката (что составляет 15–35 % от рецептурного количества воды) позволяет увеличить активность хлебопекарных дрожжей и сократить процесс брожения теста в 2 раза. Внесение ферментоллизата в количестве до 35 % от расчетного количества воды при производстве пшеничного хлеба позволяет получить продукт с высокой органолептической оценкой и физико-химическими показателями, соответствующими требованиям нормативной документации. При этом содержание белка в готовых изделиях увеличивается практически в 2 раза. Увеличение относительной биологической ценности на 2–26 % свидетельствует о лучшей усвояемости хлеба с добавлением ферментоллизата. Установлено, что доля водорастворимых низкомолекулярных биологически активных пептидов в опытных образцах составляет 53–61 % от общего количества водорастворимых белков, что приводит к заметному увеличению антирадикальной активности, тем самым обеспечивая функциональную направленность продукту.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, ферментоллизат из кожи минтая, низкомолекулярные пептиды, дрожжи хлебопекарные, органолептические и физико-химические показатели.

Для цитирования: Караулова Е. П., Клипак М. Б., Слуцкая Т. Н. Обоснование технологии обогащенных хлебобулочных изделий с применением вторичного сырья морского происхождения // Ползуновский вестник. 2026. № 1, С. 12–19. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.01.002. EDN: <https://elibrary.ru/IFUWHY>.

Original article

SUBSTANTIATION OF TECHNOLOGY ENRICHED BAKERY PRODUCTS USING PROCESSED MARINE RAW MATERIALS

Ekaterina P. Karaulova ¹, Marina B. Klipak ², Tatiana N. Slutskaya ³

^{1, 3} Pacific Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Vladivostok, Russia

² Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

¹ ekaterina.karaulova@tinro.vniro.ru ORCID 0000-0001-8508-9603

² marina.81928@gmail.com ORCID 0009-0008-0209-4262

³ slutskaya@tinro.ru ORCID 0000-0002-3228-3047

Abstract. The traditional way of enriching bread and bakery products is the introduction of components of vegetable origin and products of their processing. However, recently, methods of fortification of food products using marine raw materials, as a rule, waste from its processing, have been developing. The prospects and the possibility of using hydro-

© Караулова Е. П., Клипак М. Б., Слуцкая Т. Н., 2026

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ МОРСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

ysates of collagen-containing fish raw materials in the technology of bread and bakery products are substantiated. It was found that in the fermentolysate obtained from pollock skin, the content of low molecular weight water-soluble peptides reaches 91% of the amount of water-soluble protein, which is the basis for its use as a functional additive for enriching wheat bread with biologically active substances of marine origin.

The use of fermentolysate in an amount from 5 to 14% by weight of the dough semifabrate (which is 15-35% of the prescription amount of water) makes it possible to increase the activity of baking yeast and reduce the fermentation process of the dough by 2 times. The introduction of a fermentolysate in an amount of up to 35% of the estimated amount of water in the production of wheat bread makes it possible to obtain a product with a high organoleptic rating and physicochemical parameters that meet the requirements of regulatory and technical documentation. At the same time, the protein content in the finished products increases by almost 2 times. An increase in the relative biological value by 2-26% indicates a better digestibility of bread with the addition of fermentolysate. It was found that the proportion of water-soluble low-molecular biologically active peptides in the experimental samples is 53-61% of the total amount of water-soluble proteins, which gives the product a functional orientation and contributes to an increase in antiradical activity.

Keywords: bakery products, pollock skin fermentation product, low molecular weight peptides, baker's yeast, organoleptic and physicochemical properties.

For citation: Karaulova E.P., Klipak M.B. & Slutskaya T.N. (2026). Substantiation of technology enriched bakery products using processed marine raw materials. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 12-19. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2026.01.002. EDN: <https://elibrary.ru/IFUWHY>.

ВВЕДЕНИЕ

Пшеничный хлеб – неотъемлемый элемент потребительской корзины в Российской Федерации. Сравнительно низкая стоимость и простота технологического процесса получения обеспечивает его повсеместное производство и доступность. Однако за счет преобладающего количества легкоусвояемых углеводов (45–50 %), и сравнительно низкого количества белка (до 8 %) пшеничный хлеб представляет собой несбалансированный продукт. В настоящее время наблюдается изменение структуры питания населения, которое заключается в уменьшении потребления традиционных хлебобучочных изделий из пшеничной муки в пользу обогащенных.

Самым распространённым способом фортификации хлебобучочных изделий является частичная замена пшеничной муки на альтернативное сырьё мукомольной промышленности (амарантовая, кукурузная мука, мука из псевдозлаковых культур и др.) и (или) овощное и плодово-ягодное сырьё, а также продукты его переработки (порошки, концентраты). Как правило, это оказывает положительное влияние на органолептические и другие показатели качества готовых изделий. Например, использование муки из семян подсолнечника в количестве до 5 % увеличивает содержание белка и жира в готовом продукте на 4,8 % и 2,6 % соответственно, а микроэлементы (цинк, медь, фосфор, магний и др.) и витамины группы В, Е и РР, вносимые с добавкой, положительно влияют на дрожжевую микрофлору, что интенсифицирует газообразующую способность [1]. Сочетание кукурузной и рисовой муки позволяет получить композитную смесь с повышенной пищевой и биологической ценностью [2]. Замена части пшеничной муки при производстве хлеба при этом обеспечивает повышение содержания белка до 10 %, способствует обогащению изделий эссенциальными веществами и пролонгированию сроков хранения, а введение пектина позволяет регулировать структурно-механические свойства [3].

Использование отходов и продуктов переработки растительного сырья, например, порошков из выжимок яблок, индийского крыжовника, кожуры картофеля и тыквы, а также цельно-зерновой муки способствует повышению содержания белка, клетчатки и фенольных соединений [4]. Добавление отходов переработки томатов и болгарского перца в количестве до 9 % способствует снижению общего количества

углеводов, при увеличении содержания пищевых волокон, жиров, и минеральных веществ, без негативного влияния на органолептические характеристики готового продукта [5].

Эссенциальные вещества, содержащиеся исключительно в животном сырье, способствуют увеличению пищевой и биологической ценности получаемого продукта. Животный белок содержит все незаменимые аминокислоты, витамины, эссенциальные жирные кислоты и усваивается организмом практически на 95 %. Особенно ценен белок морских и пресноводных гидробионтов, который усваивается организмом быстрее, чем теплокровных животных. Вторичные продукты рыбной промышленности в полной мере обладают таким же полноценным химическим составом, как и само сырьё, и являются потенциальными источниками необходимых макро- и микронутриентов, биологически активных веществ, поэтому их использование в пищевой промышленности в настоящий момент является прогрессивным вектором развития отрасли.

В последнее время возрос интерес к получению и использованию коллагена, получаемого из некоторых органов гидробионтов. Обусловлено это тем, что коллаген и, особенно, продукты его гидролиза обладают хорошей биодоступностью и усвояемостью, а низкомолекулярные пептиды и аминокислоты, входящие в состав коллагеновых гидролизатов, характеризуются биологически активными свойствами (гепатопротекторные, антимикробные, антиоксидантные и т.д.) [6]. Низкомолекулярные пептиды рекомендованы при профилактике и лечении остеопороза и остеоартрита в виде композиций с кальцием и витамином D, а входящий в состав глицин способен в комплексе оказывать противовоспалительный эффект [7]. Пептиды с молекулярной массой менее 3,5 кДа способны проявлять антикоагуляционную, противовоспалительную и противораковую активности [8]. Помимо этого, пептиды также способны функционировать в качестве гемостатического стимула фибропластов для восстановления поврежденных тканей [9], влиять на абсорбцию и метаболизм глюкозы (за счет улучшения толерантности к глюкозе и усиления секреции инсулина) [7], подавлять активность ферментов α -амилазы и α -глюкозидазы [9], регулировать систолическое и артериальное давление [10], тормозить образование липидных бляшек [8].

Поиски способов использования вторичных сырьевых ресурсов рыбной отрасли в технологии хлебобулочных изделий активно ведутся в настоящее время, что создает определенный потенциал данного направления. Это тем более актуально, что в данном случае решается проблема комплексного использования сырья.

Таким образом, использование пептидных добавок из коллагенсодержащего сырья морского происхождения в технологии хлебобулочных изделий позволит увеличить функциональность конечного продукта за счет питательных и биологически активных компонентов. При этом важным является возможное увеличение активности дрожжей, применяемых в хлебопекарном производстве, что существенно влияет на качественные показатели хлебобулочных изделий и на технологический процесс в целом [11].

Целью данного исследования является разработка и обоснование технологических подходов к созданию обогащенного пшеничного хлеба за счет использования биологически активных пептидов, полученных из коллагенсодержащего сырья гидробιονтов.

МЕТОДЫ

Материалом исследования являлся ферментолит из кожи минтая, полученный по ранее описанной технологии [12] с применением ферментного препарата «Протамекс» в количестве около 99 ПЕ/г от массы кожи с гидромодулем 1:3, дрожжи хлебопекарные прессованные «Люкс Экстра» и пшеничный хлеб, изготавливаемый однофазным (безопарным) способом.

Ферментолит из кожи минтая получали при следующих условиях: кожу предварительно промывали, зачищали и высушивали при температуре 45 °С до содержания воды в пределах 10±0,5 %. Далее полученную кожу подвергали ферментативному гидролизу препаратом «Протамекс» в количестве 99 МЕ/г от массы кожи, при гидромодуле 1:3 в течение 4-х часов при температуре 45 °С, с последующей инактивацией 20 мин при температуре 80 °С. Содержание белка в готовом ферментолитате составляло 30 % [12].

Экстракцию водорастворимых белков проводили по следующей методике: образцы подвергали гомогенизации холодной дистиллированной водой (4 °С) при гидромодуле 1:20 в течение 10 мин, после чего оставляли при температуре 4 °С на 12 ч, при периодическом интенсивном перемешивании. Подготовленные гомогенаты центрифугировали при 8 тыс. об/мин в течение 15 мин и температуре 4 °С. Надосадочную жидкость декантировали, а осадок вторично промывали дистиллированной водой при гидромодуле 1:2 и центрифугировали. Промывание повторяли дважды. Водные экстракты, полученные в ходе каждой процедуры промывки, объединяли и фильтровали через мембранный фильтр Whatman (0,45 мкм). В готовой водной вытяжке определяли содержание общего азота по методу Кьельдаля [13]. Анализ фракционного состава белков и пептидов проводили методом гелепроникающей хроматографии высокого давления на хроматографе, оснащенный диодно-матричным детектором (Agilent Technologies 1260 Infinity, USA, CA; TSKgeIG 3000PWXL колонка, 7,8 мм I.D. × 30 см (TOSOH Corporation, Tokyo, Japan); λ = 280 нм, скорость потока 0,3 мл/мин; подвижная фаза 0,1 н NaCl, 20 mM Tris-HCl, pH 7,8).

Определение активности дрожжей проводили методом определения времени всплытия шарика теста. Тестовой шарик готовили следующим образом:

навеску дрожжей массой 0,31 г перемешивали в 4,8 мл 2,5 % солевого раствора, добавляли 7 г пшеничной муки, формировали однородный шарик теста. Далее шарик опускали в стакан с водой (температура 35±2 °С) и определяли время его всплытия – чем меньше время всплытия шарика, тем выше бродильная активность дрожжей [14].

Требуемое количество воды для замеса теста рассчитывали по формуле [15]

$$x = \frac{100 \cdot c}{100 - a} - b,$$

где x – необходимое количество воды (г);

a – заданная влажность теста, % (влажность теста рассчитывается как $W_{\text{хл}} + (0,5-1,0)$, где $W_{\text{хл}}$ – влажность хлеба, % (44%);

b – масса сырья, г;

c – масса сырья в сухих веществах, г.

Определение кислотности теста проводили в соответствии с ГОСТ 5670-96 [16].

Показатели готовых изделий устанавливали согласно нормативным документам: органолептических показателей на соответствие требованиям ГОСТ 31805-2018 [17] проводили по ГОСТ 5667-2022 [18]; физико-химических (влажность, пористость, кислотность) – по ГОСТ 21094-2022 [19], ГОСТ 5669-96 [16] и ГОСТ 5669-96 [20]; количества белка – по ГОСТ 10846-91 [21].

Оценку относительной биологической ценности готовых изделий исследовали путем подсчета выращенных клеток культуры инфузорий *Tetrahymena pyriformis* [22] следующим образом: в фарфоровой ступке образец растирали и добавляли 20 мл углеводно-солевой дрожжевой среды (УСД), перемешивали в течение 1–2 минут. После из полученной суспензии пипеткой отбирали по 2 мл образца в пробирки. Для инактивации посторонней микрофлоры пробирки выдерживали на водяной бане при температуре 80 °С 20 минут. В пробирки с подготовленной суспензией после охлаждения до температуры 25 °С в стерильных условиях вносили культуру инфузорий *Tetrahymena pyriformis*, выращенных на пептонной среде. Посевы оставляли в термостате при температуре 25–26 °С на 7 суток, ежедневно встряхивая по 3 раза для лучшей аэрации. Подсчет клеток ведется с 3-х суток до окончания периода инкубирования.

Для подсчета количества клеток простейших их фиксировали в пробирке фиксирующим раствором (йодный раствор по Бурке) и проводили подсчет в счетных камерах.

Из пробирки отбирали аликвоту и заполняли камеру (Фукса-Розенталя) так, чтобы вся поверхность с сеткой была заполнена жидкостью. Под микроскопом производили подсчет клеток, которые лежат внутри маленького квадрата и находятся на левой и верхней линиях его или касаются их, результат суммировался.

Подсчет выращенных клеток инфузорий производился по формуле:

$$M = \left(\frac{a \cdot 10^3}{h \cdot S} \right) \cdot n,$$

где M – число клеток в 1 см³ суспензии;

A – среднее число клеток в квадрате сетки;

h – глубина камеры в мм (0,1 мм);

S – площадь квадрата сетки в мм² (0,04 мм²);

10³ – коэффициент перевода в см² в мм²;

N – разведение исследуемой суспензии (10).

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ МОРСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

После подсчета клеток определялась стационарная фаза роста (максимальное число клеток), значение которой бралось для дальнейшего подсчета ОБЦ.

Определение относительной биологической ценности (ОБЦ) проводилось по формуле:

$$\text{ОБЦ} = \frac{N_o}{N_k} \cdot 100,$$

где N_o – число инфузорий, выросших в 1 см³ на среде с опытным продуктом;

N_k – число инфузорий, выросших в 1 см³ на среде с контрольным продуктом.

Суммарную антирадикальную активность (АРА) определяли по методу [23] с использованием 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (ДФПГ). К исследуемому раствору добавляли этанол до общего объема исследуемой смеси 200 мкл, вносили 100 мкл 0,1 мМ ДФПГ в этаноле. Смесь оставляли в темноте при 18 °С на 30 минут. Оптическую плотность раствора определяли при 517 нм на спектрофотометре Polar Star Omega SMG Labtech.

Антирадикальную активность (АРА) рассчитывали по формуле:

$$\text{АРА \%} = \frac{(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}})}{A_{\text{control}}} \times 100,$$

Таблица 1 – Молекулярно-массовое распределение водорастворимых белков и пептидов в ферментализате кожи минтая

Table 1 – Molecular weight distribution of water-soluble proteins and peptides in the enzymatic lysate of pollock skin

Молекулярная масса, кДа	Содержание к водорастворимому белку, %
≥ 100	–
7,3	73,0±0,2
4,7	2,6±0,3
4,2	6,5±0,6
3,7	5,3±0,2
3,5	1,8±0,1
3,2	0,8±0,1
1,5	0,1±0,0
≤ 1,00	–
Итого	91,0

Как видно из данных таблицы 1, водорастворимый белок ферментализата практически полностью представлен низкомолекулярными пептидами с молекулярной массой (ММ) от 1 до 7 кДа, проявляющими потенциальную биологическую активность [6, 8, 10], оказывающую положительное действие на организм человека. Кроме того, в технологии дрожжевых изделий низкомолекулярные белки и пептиды могут

где A_{control} – оптическая плотность раствора сравнения;

A_{sample} – оптическая плотность исследуемого раствора.

Величину антирадикальной активности выражали в единицах эффективной концентрации ЕС 50 %, показывающих какое количество (мг) исследуемого образца снижает величину окраски ДФПГ на 50 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее авторами было установлено, что белки кожи минтая содержат до 60 % коллагена [12], что делает её источником белковых веществ, которые потенциально могут выступить в качестве катализатора бродильной активности дрожжей [24].

Готовый ферментализат из кожи минтая представлял собой темно-серую вязкую жидкость с характерным рыбным запахом. Содержание сухих веществ составляло 43,4%, количество белка – 30,1 %, показатель активной кислотности – (рН)=6,4.

При ферментализе кожи минтая происходит накопление низкомолекулярных пептидов, доля которых достигает 91 % по отношению к водорастворимому белку (таблица 1).

благоприятно влиять на бродильную активность и интенсификацию производства [24].

Активность дрожжей в присутствии ферментализата из кожи минтая исследовали по показателю подъемной силы, который определяли ускоренным методом. Постановка эксперимента заключалась в замене части 2,5 %-ого солевого раствора на ферментализат в количестве от 15 до 100 %.

Таблица 2 – Влияние ферментализата на подъемную силу прессованных хлебопекарных дрожжей

Table 2 – Effect of fermentolysate on the lifting force of pressed baking yeast

Контроль	Время всплытия шарика, мин			
	Количество гидролизата в системе, %			
	15	35	50	100
18,32±0,53	13,56±0,74	14,07±0,82	16,46±0,44	33,59±0,67

Анализ полученных результатов (табл. 2) показывает, что подъемная сила прессованных дрожжей достоверно увеличивается при концентрации ферментализата от 15 до 50 %, т.к. время всплытия шарика сокращается, что свидетельствует о его положительном влиянии на процесс брожения, за счет чего возможно сокращение продолжительности брожения тестовых полуфабрикатов. При этом не исключено, что подъемная сила дрожжей увеличивается за счет снижения массовой доли хлорида натрия в системе.

Несмотря на то, что ферментализат в количестве 50 % благоприятно влияет на активность хлебопекарных дрожжей (табл. 2), отмечено, что в этом случае разница по сравнению с контролем не столь существенна, поэтому дальнейшее исследование проводилось в диапазоне 15–35 %.

Основой для проведения эксперимента являлась рецептура классического пшеничного подового хлеба, приготовленного безопасным способом [25] из

муки пшеничной высшего сорта, поваренной соли и хлебопекарных дрожжей.

Согласно технологической инструкции, конечная кислотность готового теста должна составлять $3,0 \pm 0,5$ град, что достигается за 120–240 мин брожения. С целью определения влияния количества ферментоллизата на процесс

кислотонакопления исследовали три опытных образца с различным его количеством (таблица 3), где в образце № 1 количество ферментоллизата составляло 15 % от расчетного количества воды, в образце № 2 – 25 %, в образце № 3 – 35 %.

Таблица 3 – Количество воды и ферментоллизата, используемых для замеса теста, мл / на 250 г муки

Table 3 – Amount of water and fermentolysate used for kneading dough, ml / for 250 g of flour

	Контроль	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Вода	138,3	117,5	103,7	89,9
Ферментоллизат	–	20,8	34,6	48,4

Приготовление теста осуществляли следующим образом: предварительно готовили дрожжевую суспензию, для которой дрожжи перемешивали с частью воды (в случае контроля в полном объеме воды) и вносили ферментоллизат из кожи минтая (для опытных образцов), перемешивали и оставляли для активации на 10–15 мин, периодически перемешивая. Дальнейшие операции проводили в соответствии с технологической инструкцией [15].

ным оттенком рыбного запаха. При концентрации ферментоллизата 35 % отмечается усиление морского оттенка, что негативно сказывается на органолептической оценке хлеба (рис. 2).

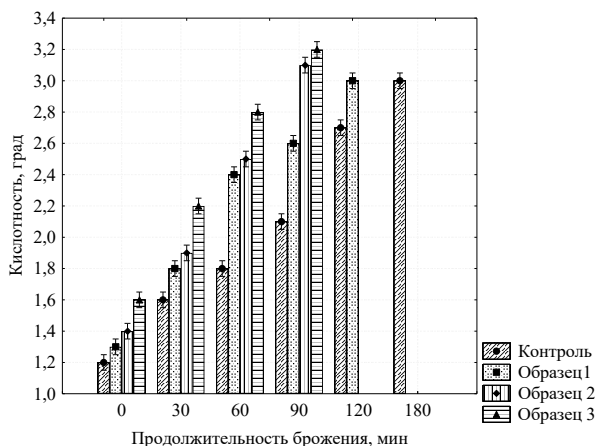


Рисунок 1 – Процесс кислотонакопления теста в контроле и опытных образцах

Figure 1 – The process of acid accumulation in the dough in the control and test samples

Установлено (рис. 1), что в присутствии ферментоллизата в системе процесс кислотонакопления идет в 2 раза быстрее, по сравнению с контролем. Кислотность контрольного тестового полуфабриката достигла значения в 3 град за 180 мин брожения. Для образцов № 2 и № 3 достаточно 90 мин для достижения этого показателя, для образца № 1, где было наименьшее количество гидролизата, продолжительность составила 120 мин.

Выброженное тесто подвергали разделке, включающей деление теста на куски, придания им продолговатой формы и окончательную расстойку в течение 30 минут и выпечке при температуре 200 °C в увлажненной камере (~70 %) в течение 40 мин.

Исследование готовых изделий показало, что по мере увеличения доли ферментоллизата происходит затемнение корочки (от светло-соломенного до темно-желтого оттенка) и мякиша (от соломенного до светло-серого оттенка). Анализ поперечного разреза у всех образцов показал пропеченность мякиша, без следов непромеса, с хорошо развитой пористостью. Запах и вкус опытных образцов № 1 и 2 – приятный, свойственный данному виду изделий, с несуществен-

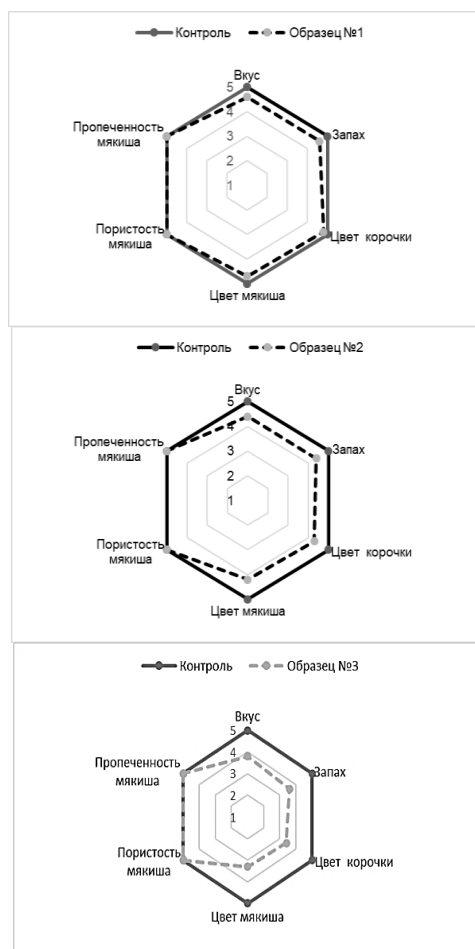


Рисунок 2 – Органолептические профилограммы контрольного и опытных образцов

Figure 2 – Organoleptic profilograms of control and experimental samples

По физико-химическим показателям (табл. 4) готовые и опытные образцы соответствовали требованиям нормативной документации – все показатели были в допустимых пределах. Отмечается, что с увеличением доли ферментоллизата в системе несколько снижается влажность мякиша, что может быть обусловлено повышением содержания сухих веществ за счет ферментоллизата.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ МОРСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Таблица 4 – Физико-химические показатели готовых изделий

Table 4 – Physico-chemical parameters of finished products

Показатель	Значение показателя				
	ГОСТ 31805-2018	Контроль	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Влажность мякиша, %	44,0	43,4±0,5	41,1±0,5	39,7±0,5	38,7±0,5
Кислотность мякиша, град	не более 3,0	2,1±0,2	2,2±0,3	2,2±0,2	3,0±0,2
Пористость мякиша, %	не менее 70	71,5±0,5	79±0,5	76±0,5	72,2±0,5

Так как целью проводимого исследования являлась разработка технологических подходов к обогащению пшеничного хлеба белком и биологически

активными пептидами, то сравнение контрольного и опытных образцов проводили по содержанию белка и относительной биологической ценности.

Таблица 5 – Относительная биологическая ценность пшеничного хлеба

Table 5 – Relative biological value of wheat bread

Объект	Количество клеток инфузорий в 1 мл при переходе в стационарную фазу роста	ОБЦ по отношению к контролю, %
Контроль	1,63×10 ⁸	100
Образец № 1	2,06×10 ⁸	126,5
Образец № 2	1,72×10 ⁸	105,5
Образец № 3	1,67×10 ⁸	102,7

Таблица 6 – Содержание белка в пшеничном хлебе, %

Table 6 – Protein content in wheat bread, %

Показатель	Контроль	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Содержание белка	5,9±0,45	7,8±0,45	9,4±0,45	11,8±0,45

Результаты показывают (табл. 5,6), что использование ферментолизата способствует увеличению содержания белка практически в 2 раза, а активное накопление клеток инфузорий на среде с опытными образцами свидетельствует о потенциальном повышении усвояемости продукта.

Как отмечалось ранее, ферментолизат на 90 % состоит из водорастворимой фракции, основную долю которой составляют низкомолекулярные биологически активные пептиды, которые способны оказы-

вать положительное воздействие на физиологические функции организма. Они действуют как потенциальные модификаторы, снижающие риск развития многих хронических заболеваний [8, 10, 12]. Сравнительный анализ (табл. 7) молекулярно-массового распределения водорастворимых белков и пептидов в опытных образцах и контроле показал, что по мере увеличения доли ферментолизата в системе происходит накопление низкомолекулярных пептидов.

Таблица 7 – Доля низкомолекулярных пептидов в опытных образцах по сравнению с контролем, в % от общего количества водорастворимых белков

Table 7 – Proportion of low molecular weight peptides in the test samples compared with the control, in % of the total amount of water-soluble proteins

ММ, Да	Доля компонента, %			
	Контроль	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
≤14600	26,7	24,2	25,6	27,1
≤7000	12,5	8,1	8,9	9,7
≤2300	4,1	8,4	9,0	10,1
≤1000	34,0	36,5	40,3	41,2

Содержание биологически активных пептидов в опытных образцах составляет от 53 до 61 % от водорастворимого белка.

Известно, что низкомолекулярные пептиды обладают универсальной биологической активностью, в частности, антирадикальной [26]. В рамках проведенного исследования было проведено сравнение общей антирадикальной активности полученного продукта с контрольным образцом – хлебом без добавления ферментолизата из кожи минтая. Результаты показали, что введение ферментолизата способствует увеличению общей антирадикальной активности в 1,2 раза, а значение эффективной концентрации снижается с 69,6±0,2 до 59,7±0,5 мг. Данные результаты свидетельствуют о потенциальной функциональной

ценности и положительном влиянии данного продукта на здоровье человека.

Согласно литературным данным, биологически активные пептиды в составе коллагеновых ферментолизатов проявляют антиоксидантную активность и способствуют увеличению антиоксидантной активности в организме, а некоторые пептидные фракции имеют антибактериальные свойства, что подтверждалось подавлением некоторых грамположительных и грамотрицательных бактерий [8,10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы разработана и обоснована технология пшеничного хлеба, обогащенного ферментолизатом из кожи минтая.

Опытным путем установлено, ферментоллизат из кожи минтая в количестве от 15 до 50 % по отношению к массе жидкой части благоприятно действует на активность хлебопекарных дрожжей, за счет чего возможно сокращение продолжительности брожения тестовых полуфабрикатов.

Органолептическая оценка опытных образцов показала, что количество ферментоллизата до 35% в целом не оказывает негативного влияния на вкусо-ароматические свойства изделий. По физико-химическим показателям все параметры находились в пределах установленных нормативной документацией. Содержание белка составило 7–11 %, а увеличение относительной биологической ценности до 26 % свидетельствует о лучшей усвояемости опытных изделий в сравнении с контролем.

Исследование молекулярно-массового распределения водорастворимых белков и пептидов показало, что в ферментоллизате, полученном из кожи минтая, их содержание составляет 91 %, что приводит к заметному увеличению антирадикальной активности.

Содержание низкомолекулярных пептидов в хлебе свидетельствует об обогащении продуктов питания растительного происхождения биологически активными компонентами морского сырья, обладающими антирадикальной активностью, что придает функциональную направленность готовому продукту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Субботина Н.А. Использование растительного сырья для повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий // Приоритетные направления регионального развития: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, Курган, 06 февраля 2020 года. Курган : Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2020. С. 793–797.
2. 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.
3. Айрумян В.Ю., Сокол Н.В., Ольховатов Е.А. Технология и рецептуры хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности на основе разработанных композитных смесей // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. № 4(376). С. 38–43.
4. Upadhyay S. [et al.]. Utilization of food waste for the development of composite bread // Sustainability. 2023. Т. 15. № 17. С. 13079.
5. Wirkijowska A. [et al.]. The influence of tomato and pepper processing waste on bread quality // Applied Sciences. 2023. Т. 13. № 16. С. 9312.
6. Degirolano C., Modica S., Vacca M. [et al.]. // Prevention of spontaneous hepatocarcinogenesis in farnesoid X receptor-null mice by intestinal-specific farnesoid X receptor reactivation // Hepatology. 2015. Vol. 61 (1), p. 161–170. DOI: 10.1002/hep.27274.
7. Harnedy P.A., Fitz Gerald R.J. Bioactive peptides from marine processing waste and shellfish: A review // Journal of functional foods. 2012. Т. 4. № 1. С. 6–24.
8. Xu S. [et al.]. Improving the sustainability of processing by-products: Extraction and recent biological activities of collagen peptides // Foods. 2023. Т. 12. № 10. С. 1965.
9. Sibilla S. [et al.]. An overview of the beneficial effects of hydrolysed collagen as a nutraceutical on skin properties: Scientific background and clinical studies // Open Nutraceuticals J. 2015. Т. 8. № 1. С. 29–42.
10. Song H., Li B. Beneficial effects of collagen hydrolysate: a review on recent developments // Biomed J Sci & Tech Res. 2017. Т. 1. № 2. С. 1–4.

11. Karimi N., Nikoo M., Gavlighi H. A., Gheshlaghi S.P., Regenstein J.M., Xu X. Effect of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) protein hydrolysates (SPH) and (–)-epigallocatechin gallate (EGCG) on sourdough and bread quality // LWT. V. 131.

12. Клипак М.Б., Слущая Т.Н. Получение ферментоллизата из кожи минтая и его использование в технологии продуктов питания // Перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: техника, технологии и управление качеством : материалы Национальной научно-технической конференции, Владивосток, 30 мая 2023 года // Федеральное агентство по рыболовству; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет. Владивосток : Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2023, С. 63–69.

13. Rosenberg D.M. Protein Analysis and Purification: Benchtop Techniques (second edition) // Birkhauser Base. 1996. 520 p.

14. Островский А.И. Техно-химический контроль хлебопекарного производства : учебник для вузов. М. : Пищепромиздат, 1949. 323 с.

15. Сборник технологических инструкций для производства хлебобулочных изделий : МЕГАНОРМ. Система нормативных документов. URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/instrukciya/2/sbornik_tekhnologicheskikh_instruktsiy_dlya_proizvodstva.html#Par2045. (дата обращения: 05.04.2025).

16. ГОСТ 5670-96 Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности. М. : Стандартинформ, 2006. 6 с.

17. ГОСТ 31805-2018 Изделия хлебобулочные из пшеничной хлебопекарной муки. Общие технические условия. М. : Стандартинформ, 2019. 26 с.

18. ГОСТ 5667-2022 Изделия хлебобулочные. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий. М. : Российский институт стандартизации, 2022. 12 с.

19. ГОСТ 21094-2022 Изделия хлебобулочные. Метод определения влажности. М. : Российский институт стандартизации, 2022. 18 с.

20. ГОСТ 5669-96 Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости. Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2006. 5 с.

21. ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Методы определения белка. М. : Стандартинформ, 2009. 8 с.

22. Шульгин Ю.Н., Шульгина Л.В., Петров В.А. Ускоренная биотис оценка качества и безопасности сырья и продуктов из водных биоресурсов : монография. Владивосток : Изд-во ТГЭУ, 2006. С. 124.

23. Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. Songklanakarin J. Sci. Technol, 26(2): 211–219.

24. Гвасалия Т.С. Дрожжи хлебопекарные как основное сырье хлебопекарного производства / Т.С. Гвасалия, Т.П. Якименко, О.А. Макличенко // Современная наука и инновации. 2016. № 4(16). С. 144–158.

25. Сборник рецептов на хлеб и хлебобулочные изделия / Сост. Ершов П.С. СПб, 1998. 190 с.

26. Saritaş S. [et al.]. The Impact of Fermentation on the Antioxidant Activity of Food Products // Molecules. 2024. Т. 29. № 16. С. 3941.

Информация об авторах

К. П. Караулова – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Тихоокеанского филиала ФГБНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии" (ТИНРО), г. Владивосток.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕННЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ МОРСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

М. Б. Клипак – аспирант группы ПЭа-412 ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Т. Н. Слуцка – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Тихоокеанского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ТИНРО), г. Владивосток.

REFERENCES

1. Subbotina, N.A. (2020). The use of plant raw materials to increase the nutritional value of bakery products. In PRIORITY AREAS OF REGIONAL DEVELOPMENT (pp. 793-797). (In Russ.).
2. Ayrumyan, V.Yu., Sokol, N.V. & Olkhovaton, E.A. (2020). Chemical composition of rice and corn grain processing products to increase the nutritional and biological value of bakery products. *Polzunovskiy Vestnik*, (3), 3-10. (In Russ.).
3. Ayrumyan, V.Yu., Sokol, N.V. & Olkhovaton, E.A. (2020). Technology and formulations of bakery products of increased nutritional value based on the developed composite mixtures. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya*, (4), 38-43. (In Russ.).
4. Upadhyay, S., Tiwari, R., Kumar, S., Gupta, S.M., Kumar, V., Rautela, I. & Kaushik, R. (2023). Utilization of food waste for the development of composite bread. *Sustainability*, 15(17), 13079.
5. Wirkijowska, A., Zarzycki, P., Teterycz, D., Nawrocka, A., Blicharz-Kania, A. & Łysakowska, P. (2023). The influence of tomato and pepper processing waste on bread quality. *Applied Sciences*, 13(16), 9312.
6. Degirolamo, C., Modica, S., Vacca, M., Di Tullio, G., Morgano, A., D'Orazio, A. & Moschetta, A. (2015). Prevention of spontaneous hepatocarcinogenesis in farnesoid X receptor-null mice by intestinal-specific farnesoid X receptor reactivation. *Hepatology*, 61(1), 161-170.
7. Harnedy, P.A. & Fitz Gerald, R.J. (2012). Bioactive peptides from marine processing waste and shellfish: A review. *Journal of functional foods*, 4(1), 6-24.
8. Xu, S., Zhao, Y., Song, W., Zhang, C., Wang, Q., Li, R. & Sun, L. (2023). Improving the sustainability of processing by-products: Extraction and recent biological activities of collagen peptides. *Foods*, 12(10), 1965.
9. Sibilla, S., Godfrey, M., Brewer, S., Budh-Raja, A. & Genovese, L. (2015). An overview of the beneficial effects of hydrolysed collagen as a nutraceutical on skin properties: Scientific background and clinical studies. *Open Nutraceuticals J*, 8(1), 29-42.
10. Song, H. & Li, B. (2017). Beneficial effects of collagen hydrolysate: a review on recent developments. *Biomed J Sci & Tech Res*, 1(2), 1-4.
11. Karimi, N., Nikoo, M., Gavlighi, H. A., Gheshlaghi, S.P., Regenstein, J.M. & Xu, X. (2020). Effect of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) protein hydrolysates (SPH) and (-)-epigallocatechin gallate (EGCG) on sourdough and bread quality. *Lwt*, 131, 109800.
12. Klipak, M.B. & Slutskaya, T.N. (2023). Production of enzymolysate from pollock skin and its use in food technology. *Prospects for the development of the food industry*

and public foods: technology, technology and quality management. (pp. 63-69). (In Russ.).

13. Rosenberg, I.M. (2013). Protein analysis and purification: benchtop techniques. Springer Science & Business Media.

14. Ostrovsky, A.I. (1949). Technochemical Control of Bakery Production/ Textbook for Universities. Moscow: Pishchepromizdat, 323 p. (In Russ.).

15. Collection of Technological Instructions for the Production of Bakery Products: MEGANORM. System of Regulatory Documents. URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/instrukciya/2/sbornik_tekhnologicheskikh_instruktsiy_dlya_proizvodstva.html#Par2045 (accessed on 05.04.2025). (In Russ.).

16. Bakery products. Methods for determining acidity (2006). HOST 5670-96. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

17. Bakery products made from wheat flour. General technical conditions (2019). HOST 31805-2018. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

18. Bakery products. Acceptance rules, sampling methods, methods for determining organoleptic properties and product weight. (2022). HOST 5667-2022. Moscow : Russian Institute of Standardization. (In Russ.).

19. Bakery products. Method for determining moisture content. (2022). HOST 21094-2022. Moscow : Russian Institute of Standardization. (In Russ.).

20. Bakery products. Method for determining porosity. (2006). HOST 5669-96. Minsk: Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification. (In Russ.).

21. Grain and its processing products. Methods for determining protein. (2008). HOST 10846-91. Moscow : Standartinform. (In Russ.).

22. Shulgin, Yu.N., Shulgina, L.V., Petrov, V.A. (2006). Accelerated biotiss assessment of the quality and safety of raw materials and products from aquatic bioresources: monographs. Vladivostok: TSEU. (In Russ.).

23. Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. sci. technol*, 26(2), 211-219.

25. Gvasalia, T.S., Yakimenko, T.P. & Maklichenko, O.A. (2016). Baking Yeast as the Main Raw Material for Baking Production. *Modern Science and Innovations*, (4), 144-158. (In Russ.).

25. Ershov, P.S. Collection of Recipes for Bread and Bakery Products. (1998). St. Petersburg. (In Russ.).

26. Sartaş, S., Portocarrero, A.C.M., Miranda López, J.M., Lombardo, M., Koch, W., Raposo, A. & Witkowska, A.M. (2024). The Impact of Fermentation on the Antioxidant Activity of Food Products. *Molecules*, 29(16), 3941.

Information about the authors

K.P. Karaulova – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at the Pacific Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (ТИНРО), Vladivostok.

M.B. Klipak – postgraduate student of the Pea-412 group of the Dalrybvtuz.

T.N. Slutskaya – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher at the Pacific Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography (ТИНРО), Vladivostok.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 07 октября 2025; одобрена после рецензирования 24 февраля 2026; принята к публикации 16 марта 2026.

The article was received by the editorial board on 07 Oct 2025; approved after editing on 24 Feb 2026; accepted for publication on 16 Mart 2026.