

БИОТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, ЛЕКАРСТВЕННЫХ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ / BIOTECHNOLOGY OF FOOD PRODUCTS, MEDICINAL AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.65>

ОПТИМИЗАЦИЯ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОРОХОВОЙ МУКИ

Научная статья

Фахретдинова А.Д.¹, Елисеева С.А.^{2,*}, Киреева М.С.³, Трухина Е.В.⁴

¹ORCID : 0009-0009-8391-1523;

²ORCID : 0000-0003-1051-4016;

³ORCID : 0000-0003-4929-5930;

⁴ORCID : 0000-0001-7381-3457;

^{1, 2, 3, 4} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (sel1847[at]mail.ru)

Аннотация

Цель исследования – разработка рецептуры густого пресного теста с добавлением гороховой муки с оптимизированным аминокислотным составом. Задачи: сравнить аминокислотный состав пшеничной и гороховой муки, установить оптимальное соотношение мучных компонентов и рассчитать сбалансированную по аминокислотному составу рецептуру мучных изделий. В работе изучали химический состав пшеничной и гороховой муки и рецептуры пресного густого теста: образец № 1 – из пшеничной муки и образец № 2 – с добавлением гороховой муки в соответствии с разработанной оптимизированной рецептурой. Для анализа аминокислотного состава образцов и оптимизации рецептуры пресного теста с добавлением гороховой муки пользовались прикладной программой «Оптимизация аминокислотного состава», разработанной в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого, г. Санкт-Петербург. Критерием при проектировании рецептур являлась оценка качественного состава белка, аминокислотного сора и полноценность мучных изделий, которая характеризуется коэффициентами утилизации и усвояемости белка. Авторами разработана оптимальная рецептура пресного густого теста с соотношением пшеничной и гороховой муки 65:35, соответственно. В ходе оптимизации рецептуры общее содержание белка увеличилось на 26,7%, аминокислотный состав лимитирующей кислоты (валин) увеличился на 42%, снизилось значение не утилизируемой части белка на 66%, возрос коэффициент утилизации белка на 28%, что свидетельствует о высоком уровне сбалансированности аминокислотного состава белка в новой рецептуре. Полученные результаты позволяют определить потенциал и перспективы разработки мучных изделий из пресного густого теста со сбалансированным по аминокислотному составу белковому компоненту, предоставив потребителям альтернативу для поддержания здорового образа жизни.

Ключевые слова: оптимизация рецептуры, аминокислотный состав, белки зернобобовых, гороховая мука, пресное густое тесто, мучные изделия.

OPTIMIZATION OF AMINO ACID COMPOSITION OF FLOUR PRODUCTS USING PEA FLOUR

Research article

Fakhretdinova A.D.¹, Eliseeva S.A.^{2,*}, Kireeva M.S.³, Trukhina Y.V.⁴

¹ORCID : 0009-0009-8391-1523;

²ORCID : 0000-0003-1051-4016;

³ORCID : 0000-0003-4929-5930;

⁴ORCID : 0000-0001-7381-3457;

^{1, 2, 3, 4} Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (sel1847[at]mail.ru)

Abstract

The aim of the study is to develop a recipe for stiff fresh dough with the addition of pea flour with an optimized amino acid composition. Objectives: to compare the amino acid composition of wheat and pea flours, to establish the optimal ratio of flour components and to calculate the recipe of flour products balanced by amino acid composition. In this work, the chemical composition of wheat and pea flours and formulations of fresh stiff dough were studied: sample No. 1 – from wheat flour and sample No. 2 – with the addition of pea flour in accordance with the developed optimized formulation. To analyse the amino acid composition of the samples and optimize the recipe of fresh dough with the addition of pea flour, we used the application programme "Optimization of Amino Acid Composition" developed at the Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia. The criterion for designing the formulations was the evaluation of the quality composition of protein, amino acid content and fullness of flour products, which is characterized by the coefficients of utilization and digestibility of protein. The authors developed an optimal recipe for fresh stiff dough with the ratio of wheat and pea flour 65:35, respectively. During the recipe optimization, the total protein content increased by 26.7%, the amino acid composition of the limiting acid (valine) increased by 42%, the value of the non-utilisable part of protein decreased by 66%, and the protein utilization rate increased by 28%, indicating a high level of balance in the amino acid composition of protein in the new recipe. The obtained results allow to determine the potential and prospects for the development of flour products from fresh stiff

dough with a balanced amino acid composition of protein component, providing consumers with an alternative to maintain a healthy lifestyle.

Keywords: recipe optimization, amino acid composition, grain legume proteins, pea flour, fresh stiff dough, flour products.

Введение

В традиционной кулинарии народов России мучные изделия из пресного или бездрожжевого теста имеют глубокую культурно-историческую «родословную», к ним относятся: пельмени, вареники, лапша, клецки, пирожки, лепешки и др. [1]. Мучные изделия из пресного теста отличаются универсальностью и возможностью создавать продукцию с многообразными вкусами за счет включения альтернативных видов муки, технологических добавок, удовлетворяя потребительские вкусо-ароматические предпочтения и обеспечивая функциональную направленность продукции [2], [3].

Так как изделия из пресного теста широко распространены в традиционной этнической кулинарии, то поиск путей повышения биологической ценности их с позиций современных тенденций в сфере национальной идентичности и принципов здорового питания является актуальным направлением [4], [5].

Бобовые содержат больше белка, чем традиционные источники муки: пшеница, рис, кукуруза и др. [6]. Имея в своем составе трудноусвояемые полисахариды, бобовые являются продуктом с низким гликемическим индексом и подходят для целевой аудитории, формирующей спрос на безглютеновые пищевые продукты.

Горох, как одна из важнейших зернобобовых культур, широко выращивается в регионах мира с умеренным климатом, в том числе в России. Химический состав гороховой муки отличается высоким содержанием белка, который обладает усвояемостью, сопоставимой с животным белком [7]. Содержание аминокислот в гороховом белке близко к «идеальному белку», рекомендованному ВОЗ [8], [9]. Гороховая мука находит применение в различных пищевых направлениях: хлебобулочные, мучные кондитерские, молочно-растительные, комбинированные рыбо- и мясорастительные изделия, восточные сладости и др. [10], [11].

Следует отметить, что исследователи в области технологии мучных изделий в своих разработках чаще используют мучные смеси с вариативностью гороховой муки в интервале от 5 до 20% [12].

Критерием при проектировании рецептур выступает качество белкового компонента мучных изделий, которое может быть охарактеризовано такими показателями, как: аминокислотный состав, аминокислотный скор, коэффициент утилизации, коэффициент усвояемости белка и др. [13], [14].

Цель исследования – оптимизировать рецептуры изделий из пресного густого теста с добавлением гороховой муки путем сбалансирования аминокислотного состава мучных компонентов. Для достижения цели решали следующие задачи: сравнили аминокислотный состав пшеничной и гороховой муки, установили оптимальное соотношение мучных компонентов и рассчитали сбалансированную по аминокислотному составу рецептуру мучных изделий из пресного густого теста.

Методы и принципы исследования

В работе изучали химический состав муки: образец № 1 (контрольный) – мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, ПАО «Петербургский мельничный комбинат»; образец № 2 – мука гороховая «С. Пудовь»; рецептуры пресного густого теста для лапши: образец № 3 (контрольный образец) – пресное тесто по рецептуре № 703 Сборника рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания 1996 г.; образец № 4 – тесто с добавлением гороховой муки по разработанной оптимизированной рецептуре. Оптимизацию рецептур проводили с помощью прикладной программы «Оптимизация аминокислотного состава» [14]. Расчетный метод, предложенный Н.И. Ковалевым с соавторами основан на том, что все незаменимые аминокислоты белка утилизируются в количествах, соответствующих количеству аминокислоты с наименьшим скором. Решением оптимизационной задачи является нахождение соотношения рецептурных компонентов, при котором не утилизируемая часть белка (ΔB , мг/г) стремится к минимуму, а скор и коэффициент утилизации белка (КУБ, %) – к максимуму.

Основные результаты

На первом этапе исследования с целью прогнозирования и разработки оптимальной рецептуры провели анализ аминокислотного состава пшеничной (рис. 1) и гороховой (рис. 2) муки по сравнению с «идеальным» белком.

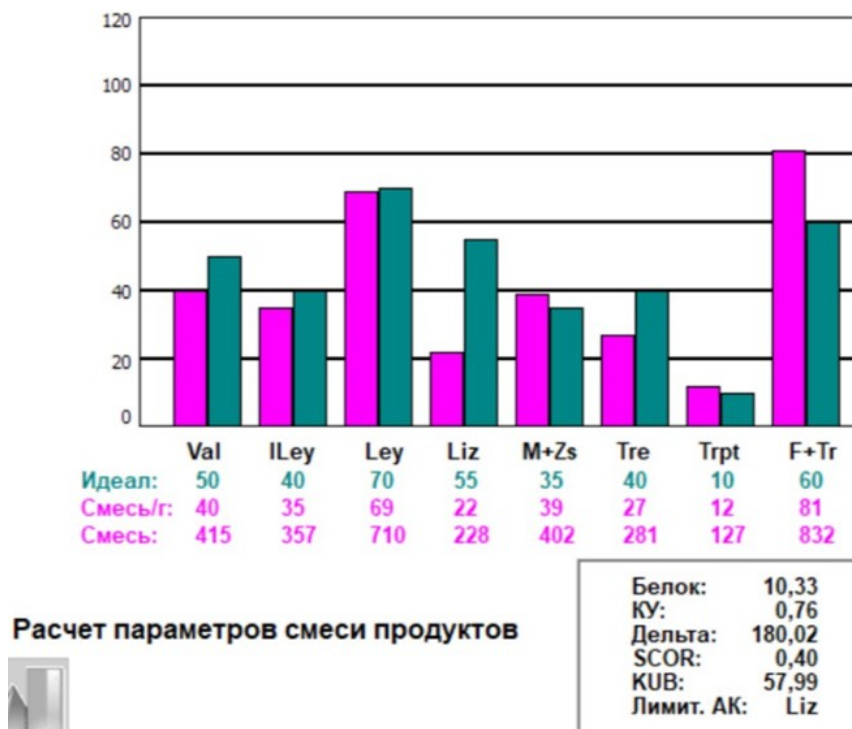


Рисунок 1 - Аминокислотный состав пшеничной муки
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.65.1>

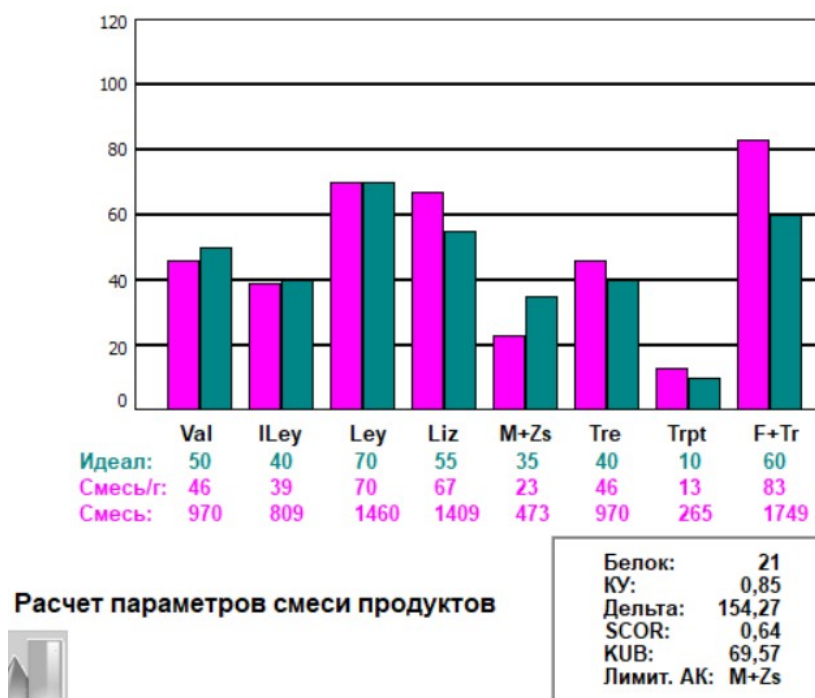


Рисунок 2 - Аминокислотный состав гороховой муки
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.65.2>

Как видно на рис. 1 и 2 аминокислотный скор (АС) пшеничной муки составил 0,40, что ниже, чем гороховой (0,64), более чем на 30%. Учитывая, что гороховая мука не содержит клейковинных белков, формирующих структурно-механические характеристики густого теста, было принято решение рассмотреть вариант рецептуры лапши из смеси гороховой и пшеничной муки.

Для определения содержания рецептурных компонентов составили графики перебора показателей, характеризующих аминокислотный состав мучных смесей, по следующим показателям: разность аминокислот (РА), коэффициент усвояемости (КУ), аминокислотный скор (АС), коэффициент утилизации белка (КУБ), рис. 3.

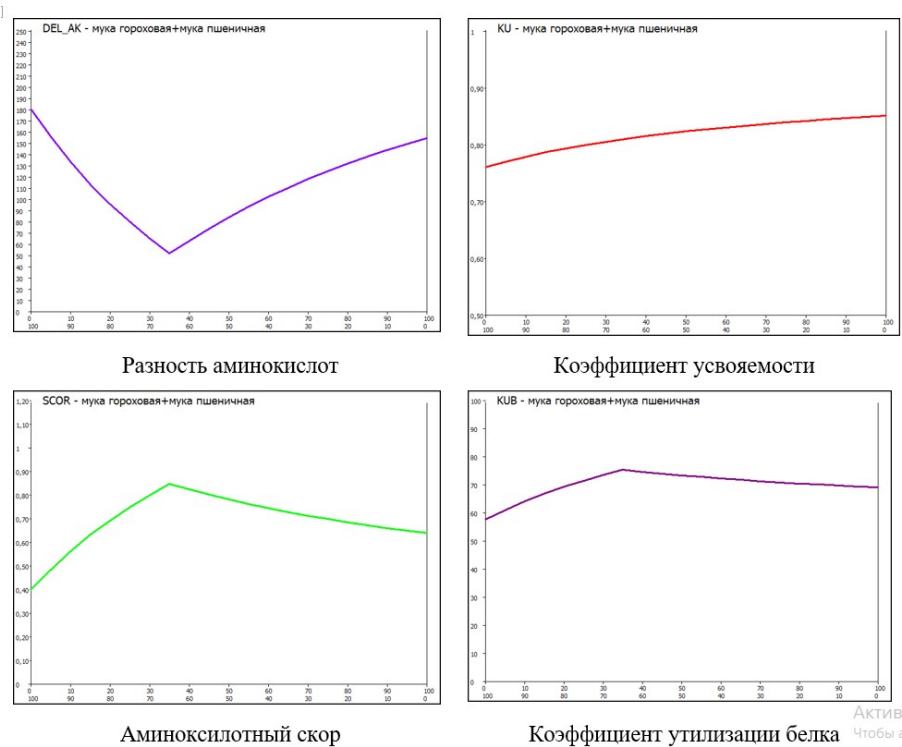


Рисунок 3 - Графики перебора показателей качества белкового компонента мучной смеси
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.65.3>

Как показано на рис. 3, оптимальное соотношение смеси *мука гороховая: мука пшеничная* составило 35:65 соответственно. При этом в разработанной мучной смеси наблюдается максимальный АС (85), минимальная РА (52) и максимальный КУБ (75). КУ при таком соотношении увеличивается (81) по сравнению с начальным значением (76) у пшеничной муки.

График, характеризующий аминокислотный состав мучной смеси с добавлением гороховой муки приведен на рис. 4.

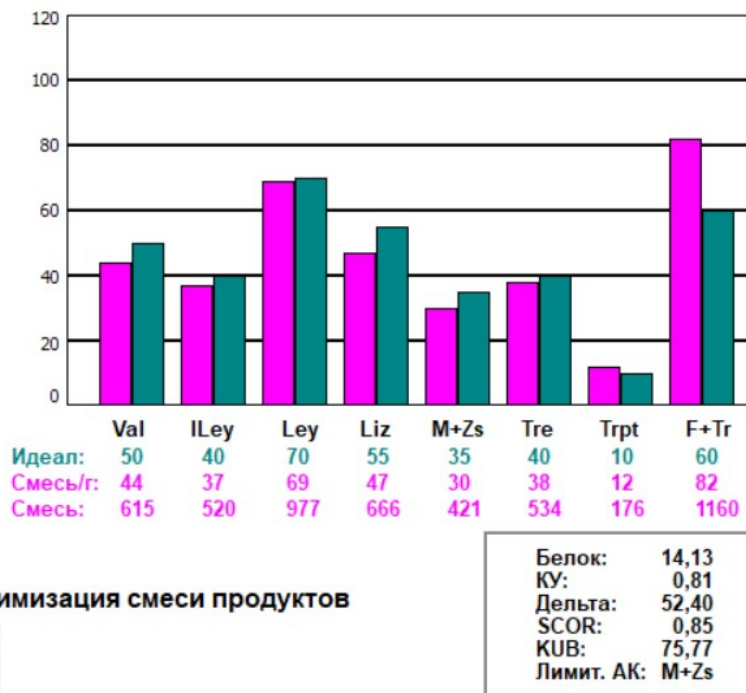


Рисунок 4 - Аминокислотный состав смеси из гороховой и пшеничной муки
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.65.4>

На основе данных оптимизации мучной смеси составили сбалансированную по аминокислотному составу рецептуру для теста пресного густого (табл. 1).

Таблица 1 - Рецепттура густого пресного теста с добавлением гороховой муки

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.65.5>

| Наименование продуктов | Масса продуктов нетто в образце № 1, г | Масса продуктов нетто в образце № 2, г |
|--------------------------------------|--|--|
| Мука пшеничная высший сорт | 875 | 569 |
| Мука пшеничная высший сорт на подпыл | 60 | 60 |
| Мука гороховая | - | 306 |
| Яйца | 250 | 250 |
| Вода | 175 | 175 |
| Соль | 25 | 25 |
| Масса сырья в натуре | 1385 | 1385 |
| Выход полуфабриката | 1000 | 1000 |

Анализ показателей качества белкового компонента контрольной и разработанной мучных смесей показал, что добавление гороховой муки в рецепттуру пресного густого теста в количестве 35% от общего содержания муки в рецептуре приводит к положительной динамике показателей, за исключением не утилизируемой части белка (ДБ), что свидетельствует о повышении пищевой ценности пресного теста из гороховой муки, рис. 5.

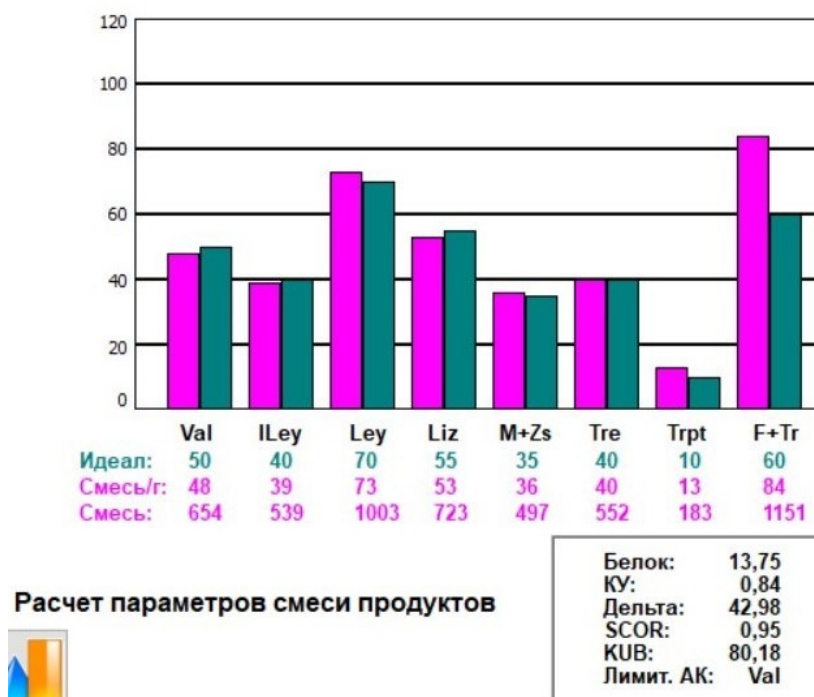


Рисунок 5 - Расчет аминокислотного состава мучных смесей

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.65.6>

Примечание: а) с использованием пшеничной муки; б) с использованием мучной смеси из пшеничной (65%) и гороховой (35%) муки

В табл. 2 представлена динамика показателей качества белкового компонента в рецепттурах мучных смесей.

Таблица 2 - Динамика показателей качества белкового компонента мучных смесей

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.65.7>

| Показатели | Единицы измерения | Образец № 1 | Образец № 2 | Динамика показателей |
|------------|-------------------|-------------|-------------|----------------------|
|------------|-------------------|-------------|-------------|----------------------|

| | | | | |
|--|--------------|-------|-------|------|
| Содержание общего белка | % | 10,85 | 13,75 | 2,9 |
| Коэффициент усвоения белка | доля единицы | 0,82 | 0,84 | 0,02 |
| Лимитирующая кислота | - | лизин | валин | - |
| Скор лимитирующей кислоты | % | 67 | 95 | 28 |
| Скорректированный скор с поправкой на усвояемость протеина | % | 55 | 80 | 25 |
| Неутилизируемая часть белка | мг/г | 127 | 43 | 84 |
| Коэффициент утилизации белка | % | 69 | 89 | 20 |

Общее содержание белка в образце № 2 увеличилось на 26,7%. Аминокислотный состав контрольного образца № 1 отличался наличием лимитирующей кислоты – лизина, в образце № 2 – лимитирующей кислотой стал валин, скор которого увеличился на 42%. Отмечено, что аминокислотный скор с поправкой на усвояемость протеина (PDCAAS) [8] в разработанной рецептуре вырос на 45%. Снижение неутилизируемой части белка в образце № 2 на 66% и повышение коэффициента утилизации белка на 28% свидетельствуют о достаточно высоком уровне сбалансированности аминокислотного состава в разработанной рецептуре.

Заключение

Анализ источников показал, что гороховая мука встречается в составе многих национальных блюд народов России и широко используется в разработке пищевой продукции функциональной направленности в современной индустрии питания. В результате оптимизации рецептуры пресного густого теста для мучных изделий с заменой 35% пшеничной муки на гороховую, аминокислотный состав разработанной смеси приближается к показателям «идеального белка». В перспективе планируются дальнейшие исследования по определению реологических характеристик теста с гороховой мукой, изучение сочетаемости тестовой оболочки с различными видами начинок для расширения ассортимента мучных кулинарных изделий со сбалансированным аминокислотным составом.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Куткина М.Н. Русская кухня. Из глубины веков и до наших дней / М.Н. Куткина, С.А. Елисеева. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 468 с.
2. Исакова Д.А. Проектирование оптимальной рецептуры безглютеновых пельменей с использованием гороховой муки / Д.А. Исакова; под ред. А.С. Сироткина // Пищевые технологии и биотехнологии: Материалы XVII Всероссийской конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, посвященная Году науки и технологий в Российской Федерации. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2021. — С. 574–580.
3. Типсина Н.Н. Использование дикорастущего сырья при разработке макаронных изделий (обзор) / Н.Н. Типсина, О.А. Сизых // Вестник КрасГАУ. — 2022. — № 2. — С. 217–224. — DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-217-224.
4. Елисеева С.А. Обогащение мучных кулинарных изделий альгинатом магния / С.А. Елисеева, А.Д. Фахретдинова, А.И. Гусева [и др.] // Эффективный менеджмент здравоохранения: стратегии инноваций: Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, Саратов, 05–06 октября 2023 года. — Саратов: Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, 2023. — с. 89–91.
- 5.
6. Новицкая Е.А. Теоретическое обоснование использования гороховой муки в производстве мучных изделий / Е.А. Новицкая, М.Н. Варнавская // Стратегия развития индустрии гостеприимства и туризма: VI международная

Интернет-конференция, Орел, 27 января 2016 года. — Орел : Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2016. — С. 164–165.

7. Шаболкина Е.Н. Изучение биохимических свойств муки зернобобовых культур (горох, соя), физических и хлебопекарных показателей теста смесей с пшеничной мукой / Е.Н. Шаболкина, Н.В. Анисимкина, О.А. Майстренко // Зерновое хозяйство России. — 2022. — № 1 (79). — С. 65–69. — DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-65-69.

8. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. — Rome : FAO, 2013. — 66 p.

9. Зверев С.В. Оптимизация пищевых композиций по профилю идеального белка / С.В. Зверев, В.И. Карпов, М.А. Никитина // Пищевые системы. — 2021. — Т. 4. — № 1. — С. 4–11. — DOI: 10.21323/2618-9771-2021-4-1-4-11.

10. Штахова Т.А. Применение муки бобовых культур в технологии мясных рубленых полуфабрикатов повышенной биологической ценности: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 : защищена 2008-05-27 / Т.А. Штахова. — Москва, 2008. — 173 с.

11. Лозовский И.В. Разработка мучных восточных сладостей земелах и кихелах повышенной пищевой ценности / И.В. Лозовский, С.А. Халабурдина, Т.В. Орлова // Ползуновский вестник. — 2024. — 2. — С. 130–139. — DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.017.

12. Ребрий П.И. Исследование возможности использования изолята гороховой муки в производстве бисквитного полуфабриката / П.И. Ребрий, О.Н. Присяжная, Т.Л. Камоза [и др.] // Вестник КрасГАУ. — 2020. — № 1 (154). — С. 96–102. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-1-96-102.

13. Kovalev N.I. Anwendung einer graphisch-rechnerischen Methode zur Optimierung von Mehrkomponenten-Eiweißgemischen / N.I. Kovalev, N.J. Karzeva, V.O. Fiterer [et al.] // Nahrung / Food. — 1991. — Vol. 35 (1). — S. 1–12.

14. Ковалев Н.И. Оптимизация кулинарных рецептур по аминокислотному составу / Н.И. Ковалев, Н.Я. Карцева, В.О. Фитерер [и др.] // Вопросы питания. — 1989. — № 2. — С. 48–51.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kutkina M.N. Russkaja kuhnja. Iz glubiny vekov i do nashih dnej [Russian cuisine. From the depths of centuries to the present day] / M.N. Kutkina, S.A. Eliseeva. — Saint Petersburg : Lan', 2023. — 468 p. [in Russian]

2. Isakova D.A. Proektirovanie optimal'noj retseptury bezgljutenovyh pel'menej s ispol'zovaniem gorohovoj muki [Designing an optimal recipe for gluten-free dumplings using pea flour] / D.A. Isakova; edited by A.S. Sirotkina // Food technology and biotechnology: Proceedings of the XVII All-Russian Conference of Young Scientists, Postgraduates and Students with International Participation, dedicated to the Year of Science and Technology in the Russian Federation. — Kazan' : Kazanskij natsional'nyj issledovatel'skij tehnologicheskij universitet, 2021. — P. 574–580. [in Russian]

3. Tipsina N.N. Ispol'zovanie dikorastuschego syr'ja pri razrabotke makaronnyh izdelij (obzor) [Use of Wild Raw Materials in the Development of Pasta Products (review)] / N.N. Tipsina, O.A. Sizyh // Vestnik KrasGAU. [Bulletin of KrasSAU]. — 2022. — № 2. — P. 217–224. — DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-217-224. [in Russian]

4. Eliseeva S.A. Obogaschenie muchnyh kulinarnyh izdelij al'ginatom magnija [Enrichment of flour culinary products with magnesium alginate] / S.A. Eliseeva, A.D. Fahretdinova, A.I. Guseva [et al.] // Effective Healthcare Management: Innovation Strategies: Collection of Materials of the IV International Scientific and Practical Conference, Saratov, October 5–6, 2023. — Saratov: Saratovskij gosudarstvennyj meditsinskij universitet im. V.I. Razumovskogo, 2023. — p. 89–91. [in Russian]

5.

6. Novitskaja E.A. Teoreticheskoe obosnovanie ispol'zovanija gorohovoj muki v proizvodstve muchnyh izdelij [Theoretical justification for the use of pea flour in the production of flour products] / E.A. Novitskaja, M.N. Varnavskaja // Strategy for the development of the hospitality and tourism industry: VI International Internet Conference, Orel, January 27, 2016. — Orel : Orlovskij gosudarstvennyj universitet im. I.S. Turgeneva, 2016. — P. 164–165. [in Russian]

7. Shabolkina E.N. Izuchenie biohimicheskikh svojstv muki zernobobovyh kul'tur (goroh, soja), fizicheskikh i hlebopekarnykh pokazatelej testa smesej s shenichnoj mukoj [Study of biochemical properties of flour of grain legumes (peas, soybeans), physical and baking indicators of dough mixtures with wheat flour] / E.N. Shabolkina, N.V. Anisimkina, O.A. Majstrenko // Zernovoe hozjajstvo Rossii [Grain Farming of Russia]. — 2022. — № 1 (79). — P. 65–69. — DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-65-69. [in Russian]

8. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. — Rome : FAO, 2013. — 66 p.

9. Zverev S.V. Optimizatsija pischevyh kompozitsij po profilju ideal'nogo belka [Optimization of food compositions on the ideal protein profile] / S.V. Zverev, V.I. Karpov, M.A. Nikitina // Pishhevye sistemy [Food Systems]. — 2021. — Т. 4. — № 1. — P. 4–11. — DOI: 10.21323/2618-9771-2021-4-1-4-11. [in Russian]

10. Shtakhova T.A. Primenenie muki bobovyh kul'tur v tehnologii mjasnyh rublenykh polufabrikatov povyshennoj biologicheskoj cennosti [Use of flour of legume crops in the technology of minced meat semi-finished products of increased biological value] : dis. ... of PhD in Engineering: 05.18.04 : defense of the thesis 2008-05-27 / T.A. Shtakhova. — Moscow, 2008. — 173 p. [in Russian]

11. Lozovskij I.V. Razrabotka muchnyh vostochnykh sladostej zemelakh i kihelakh povyshennoj pischevoj tsennosti [Development of flour oriental sweets of zemelakh and kihelakh with increased nutritional value] / I.V. Lozovskij, S.A. Halaburdina, T.V. Orlova // Polzunovsky Bulletin. — 2024. — 2. — P. 130–139. — DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.017. [in Russian]

12. Rebrij P.I. Issledovanie vozmozhnosti ispol'zovanija izoljata gorohovoj muki v proizvodstve biskvitnogo polufabrikata [Study of the possibility of using pea flour isolate in the production of biscuit semi-finished products] / P.I.

Rebrij, O.N. Prisjazhnaja, T.L. Kamoza [et al.] // Vestnik KrasGAU [Bulletin KrasSAU]. — 2020. — № 1 (154). — P. 96–102. — DOI: 10.36718/1819-4036-2020-1-96-102. [in Russian]

13. Kovalev N.I. Anwendung einer graphisch-rechnerischen Methode zur Optimierung von Mehrkomponenten-Eiweißgemischen [Application of a graphical-computational method for optimization of multicomponent protein mixtures] / N.I. Kovalev, N.J. Karzeva, V.O. Fiterer [et al.] // Nahrung / Food. — 1991. — Vol. 35 (1). — P. 1–12. [in German]

14. Kovalev N.I. Optimizatsija kulinarnyh retseptur po aminokislotnomu sostavu [Optimization of culinary recipes by amino acid composition] / N.I. Kovalev, N.Ja. Kartseva, V.O. Fiterer [et al.] // Voprosy pitaniija [Problems of Nutrition]. — 1989. — № 2. — P. 48–51. [in Russian]