

Разработка композитной цельносмолотой пшенично-конопляной муки для производства хлебобулочных изделий

И. Г. Белявская, Р. Х. Кандроков

Российский Биотехнологический
Университет, г. Москва,
Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение: Композитные мучные смеси, применяемые для производства продукции повышенной пищевой ценности, способны диверсифицировать бизнес хлебопекарной отрасли. Цельносмолотая композитная пшенично-конопляная мука, являющаяся продуктом совместного помола продуктов растительного происхождения, имеет перспективы применения для производства хлебобулочных изделий здорового питания, что обуславливает необходимость проведения оценки её технологических свойств во взаимосвязи с показателями качества готовой продукции.

Целью исследования является разработка композитной цельносмолотой пшенично-конопляной муки различного состава для производства хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности и расширения ассортимента продуктов здорового питания.

Материалы и методы: В качестве объектов исследований использовали зерно пшеницы 4-х сортов — яровой «Радмира» и «Юбилейная» и озимых сортов «Немчиновская 85» и «Немчиновская 24» урожая 2023 года; семена конопли сорта «Сурская»; лабораторные пробы композитной цельносмолотой муки и хлебобулочных изделий, выработанные на основе композитной муки. При проведении исследований применяли ножевую мельницу, лабораторный рассев Е1-УРЛ, весы, спиральный тестомес Abat TMC, расстойный шкаф, конвекционную печь КПП-4-1/2Э. Для определения показателей качества объектов исследования использовали: инфракрасный анализатор зерна и муки SpectraStar 2500 XL, объемомер ОХЛ-2, Структурометр СТ-1, влагомер Кварц-21М, весы порционные CAS SW-5 WDD. Показатели пищевой ценности изделий определяли расчетным путем. Результаты обрабатывали методами математической статистики с использованием программ Microsoft Office и Excel 2021.

Результаты: Добавление семян конопли в помольную смесь с зерном пшеницы в количестве от 4 до 10 % оказывает влияние не только на технологические и физико-химические показатели, но и на общий выход композитной муки. Сравнение выхода композитной муки при соотношении компонентов 90:10 с аналогичным показателем цельносмолотой пшеничной муки установил его абсолютное повышение на 1,1%. Установлено, что содержание жира в образцах композитной муки возрастает с 4,4 % до 6,8 % для помольных парий с внесением 4–10 % конопли, что в 2–3,1 раза больше, чем в контрольном образце цельносмолотой муки. Содержание ПНЖК в изделиях составило для композитной муки с 10 % конопли — 5,4 г/100 г, при этом омега-3 жирных кислот – 0,8 г/100 г.

Выводы: Результаты исследования демонстрируют возможности применения композитной цельносмолотой пшенично-конопляной муки в хлебопекарном производстве в качестве источника растительного белка, омега-3 жирных кислот, минеральных веществ (магния, цинка) и витаминов (тиамина и ниацина), обеспечивая высокое содержание пищевых волокон, что позволяет расширить ассортимент продукции здорового питания и предложить потребителям обновленные продукты повышенной пищевой ценности.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия; цельносмолотая пшенично-конопляная мука; показатели качества; пищевая ценность

Корреспонденция:

Ирина Георгиевна Белявская
E-mail: belyavskaya@mgupp.ru

Конфликт интересов:

авторы сообщают
об отсутствии конфликта
интересов.

Поступила: 14.02.2024

Принята: 15.08.2024

Опубликована: 30.09.2024

Copyright: © 2024 Авторы



Для цитирования: Белявская, И.Г., & Кандроков, Р.Х. (2024). Разработка композитной муки из цельнозерновой пшеницы и конопли для производства хлебобулочных изделий. *FOOD METAENGINEERING*, 2(3), 54–69. <https://doi.org/10.37442/fme.2024.3.64>

Development of Composite Whole-Ground Wheat-Hemp Flour for the Production of Bakery Products

Irina G. Belyavskaya, Roman Kh. Kandrov

Russian Biotechnological University,
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction: Composite flour mixtures used for the production of products of increased nutritional value are able to diversify the business of the bakery industry. Whole-ground composite wheat-hemp flour, which is a product of joint milling of plant-based products, has potential for use in the production of healthy bakery products, which necessitates the assessment of its technological properties in relation to the quality indicators of finished products.

Purpose: To develop composite whole-ground wheat-hemp flour of various compositions for the production of bakery products of increased nutritional value and expanding the range of healthy food products.

Materials and Methods: As objects of research, wheat grains of 4 varieties were used - spring "Radmira" and "Jubilee" and winter varieties "Nemchinovskaya 85" and "Nemchinovskaya 24" of the 2023 harvest; hemp seeds of the "Surskaya" variety; laboratory samples of composite whole-ground flour; laboratory samples of bakery products developed on the basis of composite flour. The production of laboratory samples of composite flour was carried out using a knife mill, seeding on laboratory sieving E1-URL. The physico-chemical parameters of the obtained flour samples were determined using the SpectaStar 2500 XL infrared grain and flour analyzer. During the trial laboratory baking, scales, a two-speed spiral dough mixer Abat TMS, a proofing cabinet, a convection oven KPP-4-1/ 2E were used. The physico-chemical parameters of the obtained wheat and hemp products were determined using: OHL-2 volume meter, Structurometr CT-1, Quartz-21M moisture analyzer, CAS SW-5 WDD portion scales. The determination of the nutritional value of bakery products was carried out by calculation. The experimental results obtained were processed using mathematical statistics methods using the Microsoft Office and Excel 2021 application software package.

Results: Addition of hemp seeds to the milling mixture with wheat grain in an amount of 4 to 10% affects not only the technological and physicochemical parameters, but also the overall yield of composite flour. Comparison of the yield of composite flour at a component ratio of 90:10 with a similar parameter of a sample of whole-grain wheat flour established its absolute increase by 1.1%. It was found that the fat content in the composite flour samples increases from 4.4% to 6.8% for milling batches with the addition of 4–10% hemp, which is 2–3.1 times more than in the control sample of whole-grain flour. The PUFA content in the products was 5.4 g/100 g for composite flour with 10% hemp, while omega-3 fatty acids were 0.8 g/100 g.

Conclusion: The results of the study demonstrate the potential for the use of composite whole wheat-hemp flour in bakery technology as a source of vegetable protein, omega-3 fatty acids, minerals (magnesium, zinc) and vitamins (thiamine and niacin), providing a high content of dietary fiber, which allows expanding the range of healthy food products and offering consumers updated products with increased nutritional value.

Keywords: bakery products; composite whole wheat-hemp flour; quality indicators; nutritional value

Correspondence:

Irina G. Belyavskaya

E-mail: belyavskaya@mgupp.ru

Conflict of interest:

The authors report the absence of a conflict of interest.

Received: 14.02.2024

Accepted: 15.08.2024

Published: 30.09.2024

Copyright: © 2024 The Authors



To cite: Belyavskaya, I., & Kandrov, R. (2024). Development of composite whole-ground wheat-hemp flour for the production of bakery products. *FOOD METAENGINEERING*, 2(3), 54-69. <https://doi.org/10.37442/fme.2024.3.64>

ВВЕДЕНИЕ

Хлебопекарная промышленность, несмотря на её значительное развитие и внедрение новых технологий, сталкивается с рядом вызовов, связанных с обеспечением стабильного качества продукции, повышением её пищевой ценности и снижением производственных затрат¹. Эти проблемы особенно актуальны в условиях конкуренции и экономических трудностей, вызванных санкциями, что привело к сокращению числа производителей и повышению цен на хлебобулочные изделия (Латышева, 2023). На фоне данных вызовов поиск новых решений, направленных на использование альтернативных и более питательных видов сырья, приобретает особую важность. Исследования в этой области активно развиваются и акцентируют внимание на композитных муках с добавлением компонентов, обладающих высокой биологической ценностью (Богатырева, 2020; Alonso-Esteban, 2022; Farinon, 2020).

Современные технологии производства хлебобулочных изделий включают использование инновационных систем автоматизации и контроля, что позволяет повысить эффективность и качество продукции (Красавина, 2024; Шэнь, 2024). Однако для сохранения конкурентоспособности необходимо внедрение новых решений, направленных на повышение пищевой ценности продукции и снижение затрат на сырьё (Латышева, 2023; Савостин, 2024; Дранников, 2021; Чэнь, 2024). Одним из таких решений является использование композитной муки с добавлением семян пищевой конопли (*Cannabis sativa*). Промышленное использование этой культуры в России регламентировано законодательством (Серков, 2022), а её пищевая ценность уже подтверждена рядом исследований (Галушина, 2021; Воршева, 2023; El-Sohaimy, 2022).

Семена конопли отличаются высоким содержанием белка (до 25%) с полноценным аминокислотным составом и полиненасыщенных жирных кислот, включая омега-3 и омега-6 (Григорьев, 2019; El-Sohaimy, 2022; Ущাপовский, 2022). Продукты, обогащенные конопляной мукой, могут улучшить содержание белков, антиоксидантов и жирных кислот в хлебобулочных изделиях (Alonso-Esteban, 2022; Farinon, 2020; Илларионова, 2014). Антиоксидантные свойства и высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот в конопле де-

лают её перспективным ингредиентом для обогащения хлебобулочных изделий (Бакин, 2016; Бубнова, 2020; Коломникова, 2016; Шахрай, 2021).

Несмотря на обширные исследования, посвящённые отдельным компонентам конопли, комплексное изучение применения пшенично-конопляной композитной муки в хлебопекарном производстве остаётся недостаточно изученным. В частности, отсутствуют данные об оптимальных пропорциях смеси, влиянии на органолептические и технологические характеристики продукции, а также о рентабельности её использования в промышленном масштабе. Таким образом, существует пробел в знании, касающийся комплексного исследования свойств композитной пшенично-конопляной муки и её влияния на качество хлебобулочных изделий.

Цель текущего исследования заключается в разработке композитной цельносмолотой пшенично-конопляной муки различного состава для производства хлебобулочных изделий с повышенной пищевой ценностью и расширением ассортимента продуктов здорового питания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования

В качестве объектов исследований использовали зерно пшеницы 4-х сортов — яровой «Радмира» и «Юбилейная» и озимых сортов «Немчиновская 85» и «Немчиновская 24» урожая 2023 года; семена конопли сорта «Сурская»; лабораторные пробы композитной цельносмолотой муки; лабораторные пробы хлебобулочных изделий, выработанные на основе композитной муки. Основные показатели качества исходных проб зерна яровой и озимой пшеницы представлены в Таблице 1.

Оборудование и процедура исследования

Исследования проводили в лабораторных условиях кафедры «Зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий» РОСБИОТЕХ. Для проведения лабораторных помолов составили пшеничную смесь из представленных четырех проб пшеницы в равной пропорции по 25% каждого сорта. В качестве гидротермической обработки зерна пшеницы перед помолом применяли способ

¹ Кацнельсон, Ю.М. (2024). Рынок хлеба насыщен. Каким он будет завтра? Империя холода, 5, 46-48.

Таблица 1

Показатели качества исходных образцов зерна яровой и озимой пшеницы

Table 1

Quality Indicators of Initial Samples of Spring and Winter Wheat Grain

Наименование показателей качества зерна пшеницы	Значение показателей качества пшеницы			
	яровой сорта		озимой сорта	
	Радмира	Юбилейная	Немчиновская 85	Немчиновская 24
Набухаемость, %	136,3 ± 0,4	134,4 ± 0,5	137,7 ± 0,4	137,7 ± 0,5
Масса 1000 зерен, г	28,86 ± 0,05	35,92 ± 0,05	31,04 ± 0,05	48,46 ± 0,05
Натура, г/л	722,8 ± 1,0	718,2 ± 1,0	599,7 ± 1,0	738,4 ± 1,0
Влажность, %	13,3 ± 0,5	12,1 ± 0,5	13,2 ± 0,5	13,9 ± 0,5
Массовая доля сырого протеина, %	9,89 ± 0,5	11,7 ± 0,7	12,9 ± 0,4	13,14 ± 0,9
Содержание клейковины, %	24,91 ± 1,4	19,95 ± 1,6	23,2 ± 1,5	22,93 ± 1,8
Качество клейковины, ед. пр. ИДК	83,2 ± 1,8	81,0 ± 1,6	74,4 ± 1,5	75,5 ± 1,9
Зольность, %	1,89 ± 0,05	1,68 ± 0,05	1,73 ± 0,05	1,79 ± 0,05
Число падения, с	426 ± 15	353 ± 15	352 ± 13	361 ± 14
Кислотность, %	2,8 ± 0,4	2,8 ± 0,4	3,4 ± 0,4	2,4 ± 0,2

холодного кондиционирования с увлажнением помольной пшеничной смеси до расчетной влажности 16,0% и отволаживанием в течение 16 часов. Семена конопли добавляли в подготовленную пшеницу перед измельчением на ножевой мельнице лабораторного помола с частотой 25000 оборотов в минуту. Режимы измельчения на лабораторной мельнице для всех образцов пшенично-конопляных помольных смесей, в т.ч. и контрольного образца пшеницы, оставались неизменными.

Просеивание промежуточных продуктов помола контрольного образца пшеницы и пшенично-конопляных помольных смесей различного соотношения, а также высевание муки осуществляли на лабораторном расसेве Е1-УРЛ. Физико-химические показатели полученных пшенично-конопляных изделий определяли на: объеметр ОХЛ-2, Структурометр СТ-1, анализатор влажности Кварц-21М, весы порционные CAS SW-5 W DD.

Химические и физико-химические показатели полученных образцов композитной цельнозерновой пшенично-конопляной муки различного соотношения и контрольной пшеничной муки определяли на инфракрасном анализаторе SpectraStar 2500 XL.

При проведении исследований по определению влияния различного соотношения помольной смеси зерна пшеницы и семян конопли на хлебопекарные свойства проводили пробные лабораторные выпечки пшенично-конопляного хлеба из лабораторных проб композитной муки

с различным количеством конопли пищевой. Контролем служила проба цельнозерновой пшеничной муки.

Технология приготовления хлебобулочных изделий включала следующие этапы: подготовка сырья — мука просеивали, готовили солевой раствор и дрожжевую суспензию, все компоненты отмеривали согласно рецептуре. Количество воды, рассчитывали исходя из влажности теста — 49,0%. Рецептура образцов хлебобулочных изделий представлена в Таблице 2.

Таблица 2

Рецептура пшеничного хлеба и пшенично-конопляного хлеба различного соотношения

Table 2

Formulation of Wheat Bread and Wheat-Hemp Bread with Various Ratios

Наименование компонента рецептуры	Количество компонента, %
Мука (контрольная или композитная)	100
Соль пищевая	1,0
Дрожжи прессованные	2,5
Вода питьевая	по расчету

В дежу тестомесильной машины закладывали все сырье, начинали замес на первой скорости двухскоростного спирального тестомеса Abat TMC, который продол-

жался 4 минуты, далее скорость повышали до второй и тесто замешивали еще 4 минуты. Таким образом, продолжительность замеса составляла 8 минут. Вымешанное тесто помещали в контейнер и отправляли на брожение в течение 150 минут при температуре 30 ± 2 °C, при этом через каждый час производили обминку тестовой заготовки. Выброженное тесто делили по 400 г для формового хлеба и по 200 г для подового хлеба и формовали тестовые заготовки, которые отправляли на окончательную расстойку в расстойный шкаф до готовности при температуре 38 ± 2 °C и относительной влажности воздушной среды 80%. Уровень влажности в расстойном шкафу обеспечивала система пароувлажнения при помощи ёмкости с водой, расположенной внизу рабочей камеры, а также равномерная циркуляция воздуха внутри расстойного шкафа. Выпечку тестовых заготовок из контрольной пшеничной муки и пшенично-конопляной муки различного соотношения проводили в конвекционной печи КПП-4-1/2Э. Готовые тестовые заготовки отправляли в печь, выпечку проводили при температуре 210 ± 10 °C, продолжительность выпечки для формового хлеба составила 25 минут, для подового хлеба — 20 минут. Хлебобулочные изделия охлаждали при температуре 25 ± 2 °C и определяли показатели качества.

Для определения физико-химических показателей пшенично-конопляных изделий определяли на: объеметр ОХЛ-2, Структурометр СТ-1, анализатор влажности Кварц-21М, весы порционные CAS SW-5 W DD. Определение показателей пищевой ценности хлебобулочных изделий проводили расчетным путем.

В лабораторных условиях реализовали дизайн исследования, включающий два этапа. На первом осуществляли лабораторные помолы цельносмолотой пшенично-конопляной муки с различным соотношением растительных компонентов. На втором этапе проводили пробные лабораторные выпечки для определения технологических показателей качества полученных проб композитной муки и оценки органолептических, физико-химических характеристик, а также показателей пищевой ценности изделий.

Анализ данных

Полученные экспериментальные результаты обрабатывали методами математической статистики с использованием программы STATISTICA и инструмента MS Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Оценка качества композитной цельносмолотой пшенично-конопляной муки и отрубей при различных пропорциях помольной смеси

На первом этапе исследований проведены лабораторные помолы пшенично-конопляных зерновых помольных смесей в соотношениях 96:4, 94:6, 92:8 и 90:10 с получением композитной цельносмолотой пшенично-конопляной муки и пшенично-конопляных отрубей. Добавление в помольную пшенично-конопляную смесь больше 10% семян конопли не рекомендуется в связи с тем, что происходит налипание промежуточных продуктов измельчения пшенично-конопляной смеси на измельчающие ножи и забивание просеивающих сит из-агломерирующей способности частиц композитной муки, обусловленное наличием жира в семенах конопли. Полученные экспериментальные данные выходов цельносмолотой пшенично-конопляной муки различного соотношения и пшенично-конопляных отрубей представлены в Таблице 3.

Таблица 3

Выход цельносмолотой пшеничной и пшенично-конопляной муки различного соотношения и пшенично-конопляных отрубей

Table 3

Yield of Whole-Milled Wheat and Wheat-Hemp Flour with Various Ratios and Wheat-Hemp Bran

Соотношения пшеницы и конопли	Выход продукта (муки и отрубей), %			
	Фракция	1 про-пуск	2 про-пуск	Всего
100:0 (контроль)	Проход	81,7	12,1	93,8
	Сход	18,3	6,2	6,2 (отруби)
96:4	Проход	82,2	12,0	94,1
	Сход	17,8	5,9	5,9 (отруби)
94:6	Проход	82,5	11,9	94,4
	Сход	17,5	5,6	5,6 (отруби)
92:8	Проход	82,7	11,9	94,6
	Сход	17,3	5,4	5,4 (отруби)
90:10	Проход	82,8	12,1	94,9
	Сход	17,2	5,1	5,1 (отруби)

Определяли влияние содержания конопли в помольной пшенично-конопляной зерновой смеси на химические и физико-химические свойства отдельных потоков композитной пшенично-конопляной муки в сравнении с контрольной пшеничной мукой. Полученные данные представлены в Таблице 4.

Проводили определение пищевой ценности полученных образцов контрольной пшеничной и композитной пшенично-конопляной муки, результаты которых представлены на Рисунке 1.

Таблица 4

Физико-химические и технологические показатели лабораторных проб композитной цельносмолотой пшенично-конопляной муки

Table 4

Physicochemical and Technological Indicators of Laboratory Samples of Composite Whole-Milled Wheat-Hemp Flour

Наименование показателя	Значение показателей качества композитной муки при соотношении пшеницы и конопли, %				
	100:0 контроль	96:4	94:6	92:8	90:10
Зола, %	1,65 ± 0,09	1,96 ± 0,07	2,11 ± 0,07	2,5 ± 0,09	2,62 ± 0,10
Клетчатка, %	1,23 ± 0,05	1,19 ± 0,05	1,12 ± 0,05	1,2 ± 0,05	1,2 ± 0,05
Пищевые волокна, %	11,0 ± 0,5	10,9 ± 0,5	10,8 ± 0,5	10,7 ± 0,5	10,6 ± 0,5
Влажность, %	13,7 ± 0,5	13,6 ± 0,5	13,8 ± 0,5	12,5 ± 0,5	12,2 ± 0,5
Белизна, ед. пр.	19,1 ± 0,6	18,8 ± 0,5	15,4 ± 0,6	11,3 ± 0,7	10,2 ± 0,4
Количество клейковины, %	23,7 ± 0,5	20,47 ± 0,6	19,87 ± 0,4	17,96 ± 0,5	17,16 ± 0,4
Качество клейковины, ед. ИДК	63,7 ± 1,5	56,7 ± 1,5	58,2 ± 1,5	59,1 ± 1,5	63,5 ± 1,5
Число падения, с	310 ± 7	308 ± 8	305 ± 7	298 ± 7	289,5 ± 6

Рисунок 1

Влияние содержания конопли в помольной смеси на пищевую ценность цельносмолотой пшенично-конопляной муки

Figure 1

Effect of Hemp Content in the Milling Blend on the Nutritional Value of Whole-Milled Wheat-Hemp Flour

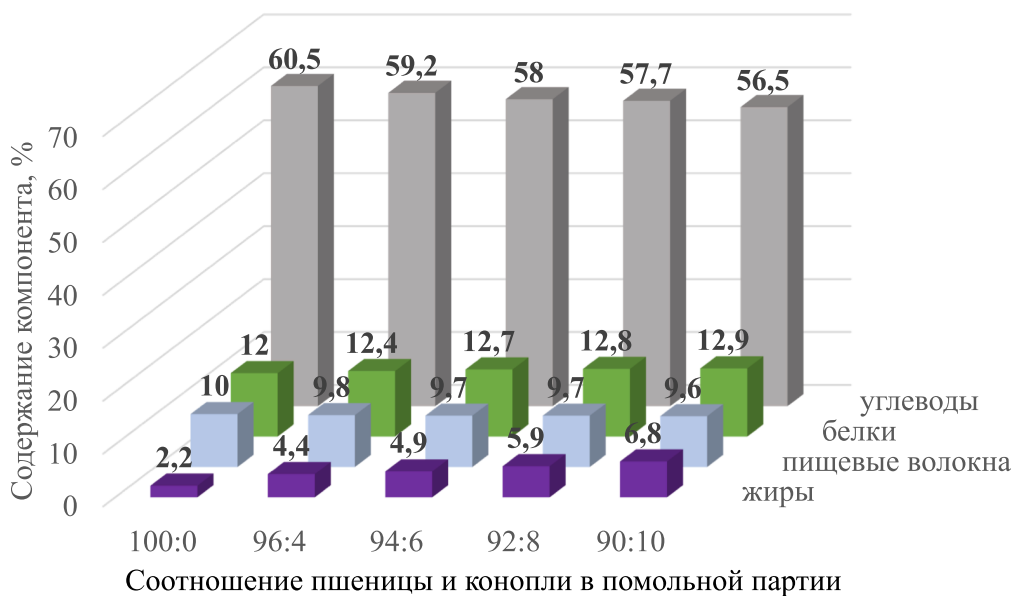


Таблица 5

Показатели пищевой ценности пшеничных и пшенично-конопляных отрубей

Table 5

Nutritional Value Indicators of Wheat and Wheat-Hemp Bran

Наименование показателя	Значение показателей качества отрубей при соотношении пшеницы и конопли в помольной партии, %				
	100:0	96:4	94:6	92:8	90:10
Содержание жира, %	3,53 ± 0,05	4,06 ± 0,05	4,10 ± 0,05	4,26 ± 0,05	4,31 ± 0,05
зола, %	5,25 ± 0,15	5,42 ± 0,15	5,98 ± 0,15	6,13 ± 0,15	6,41 ± 0,15
клетчатки	43,12 ± 0,43	45,16 ± 0,50	45,02 ± 0,61	46,19 ± 0,49	47,08 ± 0,52
белка, %	12,53 ± 0,25	14,42 ± 0,25	14,87 ± 0,17	15,06 ± 0,25	15,48 ± 0,25
влаги, %	14,2 ± 0,15	13,36 ± 0,16	12,18 ± 0,18	12,26 ± 0,14	11,83 ± 0,14
магния, %	0,41 ± 0,01	0,42 ± 0,01	0,41 ± 0,01	0,41 ± 0,01	0,42 ± 0,01
фосфора, %	0,92 ± 0,02	0,91 ± 0,02	0,91 ± 0,02	0,92 ± 0,02	0,93 ± 0,02

Отруби — побочный продукт производства муки также обладают питательной ценностью и при установлении показателей безопасности могут использоваться в пищевых технологиях. Результаты определения показателей пищевой ценности пшеничных и пшенично-конопляных отрубей, полученных при различном соотношении компонентов помольной смеси представлены в Таблице 5.

Анализ полученных результатов установил повышение содержания белка, жира и минеральных веществ при снижении показателя влажности полученных отрубей от содержания конопли в помольной партии. После заключения о безопасности полученных продуктов их применение возможно для разработки новой пище-

вой продукции и повышения показателей питательной ценности комбикормов.

Оценка качества хлебобулочных изделий из композитной пшенично-конопляной муки разных составов

На втором этапе исследований определены хлебопекарные свойства лабораторных образцов композитной пшенично-конопляной муки с различным соотношением компонентов в сравнении с контрольным.

В ходе проведения получены образцы формовых и подовых пшенично-конопляных хлебобулочных изделий, которые представлены на Рисунках 2–4. Органолепти-

Рисунок 2

Образцы формовых хлебобулочных изделий, приготовленных из контрольной и композитной муки

Figure 2

Samples of Molded Baked Goods Made from Control and Composite Flour

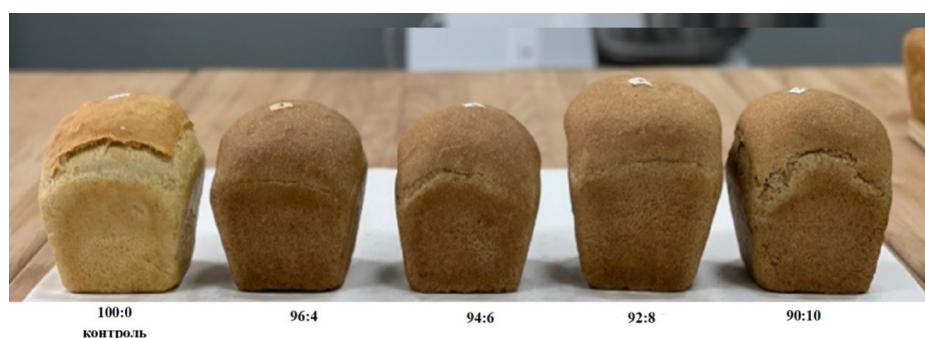


Рисунок 3

Образцы подовых хлебобулочных изделий из композитной муки

Figure 3

Samples of Hearth Baked Goods Made from Composite Flour



Рисунок 4

Образцы формовых хлебобулочных изделий из композитной муки в разрезе

Figure 4

Cross-Section of Molded Baked Goods Made from Composite Flour



ческие показатели хлебобулочных изделий, являющиеся показателями, характеризующим потенциальные потребительские способности разрабатываемой продукции, представлены в Таблице 6.

Таблица 6

Показатели проб хлебобулочных изделий из пшеничной и композитной пшенично-конопляной муки

Table 6

Indicators of Baked Goods Samples Made from Wheat and Composite Wheat-Hemp Flour

Наименование показателя	Характеристика показателей хлебобулочных изделий, приготовленных из композитной муки при соотношении пшеницы и конопли в помольной партии, %				
	100:0	96:4	94:6	92:8	90:10
Внешний вид:					
— правильность формы	правильная с подрывом	правильная	правильная	правильная	правильная
— поверхность	достаточно гладкая	гладкая, однородная	гладкая, однородная	гладкая, однородная	гладкая, однородная
— цвет	светло-желтый	светло-коричневый, равномерный	светло-коричневый, равномерный	светло-коричневый, равномерный	светло-коричневый, равномерный

И. Г. Белявская, Р. Х. Кандроков

Наименование показателя	Характеристика показателей хлебобулочных изделий, приготовленных из композитной муки при соотношении пшеницы и конопли в помольной партии, %				
	100:0	96:4	94:6	92:8	90:10
Состояние мякиша:					
— пропеченность	пропеченный	пропеченный	пропеченный	пропеченный	пропеченный
— липкость	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
— промес	без следов непромеса	без следов непромеса	без следов непромеса	без следов непромеса	без следов непромеса
— пористость	достаточно однородная, достаточно равномерная	достаточно однородная, достаточно равномерная	достаточно однородная, достаточно равномерная	достаточно однородная, достаточно равномерная	достаточно однородная, достаточно равномерная
— эластичность	хорошая	хорошая	хорошая	хорошая	хорошая
— цвет	темный, равномерный, сероватый	темный, серовато-коричневый	темный, серовато-коричневый	темный, серовато-коричневый	темный, серовато-коричневый
Хруст	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Вкус	хлебный, свойственный изделию	хлебный, свойственный изделию с отрубями, с легким послевкусием	хлебный, свойственный изделию с отрубями, с легким послевкусием	хлебный, свойственный изделию с отрубями, с послевкусием	хлебный, свойственный изделию с отрубями, с выраженным послевкусием
Запах	хлебный, свойственный изделию	хлебный, свойственный изделию с легким ароматом	хлебный, свойственный изделию с легким травяным ароматом	хлебный, свойственный изделию с легким травяным ароматом	хлебный, свойственный изделию с легким травяным ароматом

Результаты проведенных определений физико-химических показателей образцов хлебобулочных изделий, приготовленных в лабораторных условиях из цельнозерновой муки, представлены в Таблице 7.

Результаты расчетов пищевой ценности хлебобулочных изделий, представленные в Таблице 8, дают представление о рациональности добавления в помольную смесь семян конопли и использовании полученной пшенично-конопляной муки для производства обогащенных хлебобулочных изделий.

Таблица 7

Физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий

Table 7

Physicochemical Quality Indicators of Baked Goods

Показатели качества хлебобулочного изделия	Значение показателей качества изделий, приготовленных из муки при соотношении пшеницы и конопли в помольной партии, %				
	100:0	96:4	94:6	92:8	90:10
Объем, мл	1015 ± 5	1005 ± 5	995 ± 5	1050 ± 5	1035 ± 5
Масса, г	351 ± 1	353 ± 1	359 ± 1	352 ± 1	356 ± 1
Удельный объем, см ³ /г	2,89 ± 0,15	2,84 ± 0,16	2,77 ± 0,15	2,98 ± 0,15	2,90 ± 0,17
Пористость, %	71,5 ± 0,5	72,5 ± 0,5	71,5 ± 0,5	74,0 ± 0,5	73,0 ± 0,5
Формоустойчивость (H/D)	—	0,50 ± 0,04	0,51 ± 0,05	0,55 ± 0,06	0,59 ± 0,08
Кислотность мякиша, град	4,1 ± 0,2	4,2 ± 0,2	4,2 ± 0,2	4,6 ± 0,2	4,8 ± 0,2
Влажность, %	45,4 ± 0,5	45,2 ± 0,5	44,8 ± 0,6	44,5 ± 0,5	43,8 ± 0,5
Структурные показатели мякиша, мм					
Общая деформация	12,1 ± 0,17	9,45 ± 0,14	9,48 ± 0,16	12,53 ± 0,14	11,09 ± 0,16
Упругая деформация	10,05 ± 0,15	7,85 ± 0,13	7,00 ± 0,16	9,14 ± 0,17	8,14 ± 0,15
Пластическая деформация	2,05 ± 0,15	1,6 ± 0,14	2,48 ± 0,16	3,39 ± 0,16	2,95 ± 0,16

Таблица 8

Показатели пищевой ценности хлебобулочных изделий

Table 8

Nutritional Value Indicators of Baked Goods

Наименование показателя	Значение показателя для хлебобулочных изделий, приготовленных из муки при соотношении пшеницы и конопли в помольной партии, %				
	100:0	96:4	94:6	92:8	90:10
Белки, г	8,2	8,4	8,5	8,7	8,8
Жиры, г	1,5	2,8	3,4	4,0	4,6
ПНЖК, г	0,7	1,7	2,2	2,7	3,1
Углеводы, г	40,5	39,3	38,8	38,2	37,7
МДС, г	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Пищевые волокна, г	7,3	7,2	7,2	7,1	7,1
<i>Минеральные вещества, мг:</i>					
Натрий (Na)	270	268	268	267	266
Калий (K)	238	236	236	234	233
Кальций (Ca)	41	42	42	43	43
Магний (Mg)	74	90	98	105	113
Фосфор (P)	257	274	282	290	298
Железо (Fe)	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9
Цинк (Zn)	1,44	1,64	1,75	1,85	1,94
Марганец (Mn)	1,04	1,54	1,63	1,7	1,74
<i>Витамины, мг:</i>					
Тиамин (B1)	0,31	0,33	0,34	0,35	0,36
Рибофлавин (B2)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Ниацин (PP)	3,78	3,87	3,92	3,97	4,02
Энергетическая ценность, ккал	210	220	220	220	230

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты проведенных исследований подтверждают, что добавление семян конопли в помольные смеси с зерном пшеницы оказывает значительное влияние на технологические и физико-химические показатели комpositивной муки, а также на общий выход конечного продукта. Исследования показали, что выход цельнозерновой пшенично-конопляной муки увеличи-

вается с увеличением содержания конопли в смеси, в то время как выход отрубей уменьшается. Например, при соотношении компонентов 90:10 наблюдается повышение выхода комpositивной муки на 1,1% по сравнению с чисто пшеничной мукой (Таблица 3). Этот результат согласуется с данными Воршевой (2023), подтверждающими стабилизацию свойств комpositивной муки при включении конопли в помольные смеси.

Физико-химический анализ показал снижение показателя белизны муки на 9 единиц при добавлении 10% конопли, что объясняется изменением состава и увеличением содержания пигментов в семенах конопли. Показатели клейковины при этом оставались стабильными, что важно для сохранения реологических свойств теста. Это указывает на возможность использования комpositивной муки с добавлением конопли при сохранении требуемых хлебопекарных свойств, что подтверждается результатами пробных лабораторных выпечек (Таблицы 6–7, Рисунки 2–4).

Наблюдалось снижение влажности комpositивной муки с увеличением содержания конопли, что связано с пониженной влажностью семян и присутствием гидрофобных триацилглицеридов. Одновременно наблюдалось повышение зольности и содержания пищевых волокон, что обусловлено богатым витаминно-минеральным составом конопли (Григорьев, 2019; El-Sohaimy, 2022). Содержание жиров в комpositивной муке увеличилось с 4,4% до 6,8%, что превышает показатели чисто пшеничной муки в 2–3,1 раза и обусловлено высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) (Аль-Сухайми, 2022). Присутствие омега-3 жирных кислот (0,8 г/100 г в муке с 10% конопли) является отличительной характеристикой данной муки, что подтверждается исследованиями Илларионовой (2014).

Анализ содержания белка показал его увеличение в диапазоне от 12,4% до 12,9%, что на 3,3–7,5% выше, чем в контрольной муке. При этом содержание углеводов снижалось на 2,1–6,6%, что делает муку более подходящей для создания продуктов с пониженной калорийностью. Это согласуется с данными Farinon (2020) и подтверждает потенциал использования семян конопли для обогащения хлебобулочных изделий.

Результаты органолептических испытаний показали, что хлебобулочные изделия, приготовленные из муки с добавлением 8–10% семян конопли, отличались

И. Г. Белявская, Р. Х. Кандроков

высоким удельным объемом и формоустойчивостью, а также имели равномерно окрашенную корочку и развитую пористость мякиша (Таблицы 8–9). Эти результаты подтверждают возможность использования пшенично-конопляной муки для создания функциональных хлебобулочных изделий (Воршева, 2023).

Таблица 9

Степень удовлетворения среднесуточной потребности в основных пищевых веществах при употреблении хлебобулочных изделий

Table 9

Degree of Meeting Average Daily Nutritional Requirements with the Consumption of Baked Goods

Наименование показателя	Степень удовлетворения показателя при употреблении хлебобулочных изделий, приготовленных из муки при соотношении пшеницы и конопли в помольной партии, %				
	100:0	96:4	94:6	92:8	90:10
Белки	10,9	11,2	11,3	11,6	11,7
Жиры	1,8	3,4	4,1	4,8	5,5
ПНЖК	6,4	15,8	20,0	24,5	28,2
Углеводы	11,1	10,8	10,6	10,5	10,3
МДС	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Пищевые волокна	29,2	28,8	28,8	28,4	28,4
<i>Минеральные вещества:</i>					
Натрий (Na)	20,8	20,6	20,6	20,5	20,5
Калий (K)	6,8	6,7	6,7	6,7	6,7
Кальций (Ca)	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3
Магний (Mg)	17,6	21,4	23,3	25,0	26,9
Фосфор (P)	36,7	39,1	40,3	41,4	42,6
Железо (Fe)	37,0	38,0	38,0	38,0	39,0
Цинк (Zn)	12,0	13,7	14,6	15,4	16,2
Марганец (Mg)	52,0	77,0	81,5	85,0	87,0
<i>Витамины:</i>					
Тиамин (B1)	22,1	23,6	24,3	25,0	25,7
Рибофлавин (B2)	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
Ниацин (PP)	21,0	21,5	21,8	22,1	22,3
Энергетическая ценность	8,3	8,6	8,8	8,9	9,1

Пищевая ценность изделий из композитной муки была выше по содержанию белков, фосфора, кальция, магния, железа и витаминов (на 4,9–35% выше по отдельным компонентам). Содержание омега-3 жирных кислот позволяло отнести хлеб к изделиям с высоким содержанием ПНЖК (ГОСТ Р 55577). Ограничения текущего исследования связаны с применением пшеницы со средними хлебопекарными свойствами, что требует дальнейших исследований влияния сортовых особенностей на характеристики конечного продукта.

Ограничения исследования

Настоящее исследование имеет ряд ограничений, которые необходимо учитывать при интерпретации его результатов и планировании дальнейших исследований. Во-первых, в работе использовались зерновые смеси на основе пшеницы со средними хлебопекарными свойствами, что могло повлиять на результаты оценки качества композитной муки. Это ограничивает возможность обобщения выводов для всех сортов пшеницы и подчеркивает необходимость дополнительных исследований с использованием пшеницы различного качества для определения оптимальных условий производства. Во-вторых, технология помола и приготовления теста была адаптирована для лабораторных условий, что может отличаться от производственных условий на промышленных предприятиях. Применение результатов в промышленных масштабах требует дальнейшей проверки и адаптации технологий для обеспечения воспроизводимости полученных данных. Третье ограничение связано с осведомленностью и восприятием потребителей. Разработка хлебобулочных изделий с добавлением семян конопли, несмотря на их высокую пищевую ценность, может столкнуться с ограничением спроса из-за недостаточной информированности потребителей о пользе таких продуктов. Кроме того, возможные индивидуальные реакции, такие как аллергия или непереносимость компонентов семян конопли, могут повлиять на принятие данных изделий рынком. Наконец, исследование не охватывает долгосрочные показатели стабильности и хранения продукции, что требует дополнительных тестов для оценки сохранности функциональных и органолептических свойств хлебобулочных изделий с использованием композитной муки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расширение ассортимента продуктов здорового питания, включая хлебобулочные изделия, является важным условием повышения эффективности промышленных перерабатывающих предприятий. Одним из ключевых направлений совершенствования технологий переработки зерновых культур, в частности пшеницы, является производство композитной муки с использованием перспективных видов возобновляемого растительного сырья, таких как пищевая конопля. Результаты проведенных исследований подтверждают, что добавление семян конопли в помольные смеси улучшает физико-химические и технологические свойства композитной цельносмолотой муки и способствует увеличению её общего выхода.

Полученные данные показывают, что разработанная пшенично-конопляная мука может быть позиционирована как источник омега-3 жирных кислот, минеральных веществ и витаминов, а также как продукт с высоким содержанием пищевых волокон. Эти свойства делают её привлекательной для использования в производстве продукции здорового питания. Применение композитной муки позволяет обеспечить высокие органолептические и физико-химические характеристики хлебобулочных изделий, что подтверждается результатами пробных лабораторных выпечек.

Технологические испытания образцов композитной муки показали их высокую пригодность для использования в различных технологиях хлебопекарного производства. Пищевая ценность разработанных хлебобулочных изделий демонстрирует их функциональные свойства, что позволяет расширить ассортимент продукции для здорового питания и предложить потребителям новые продукты с улучшенной пищевой ценностью.

Дальнейшие направления исследований включают разработку новых видов продукции с использованием композитной муки, таких как мучные кондитерские и злаковые изделия, а также моделирование новых технологических и пищевых свойств продукции. Это может быть достигнуто за счёт фракционирования компонентов, применения термопластичной и инфракрасной обработки и других методов формирования свойств, что открывает возможности для использования этих продуктов в рационе здорового и специализированного питания населения России и других стран.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Ирина Георгиевна Белявская: формулирование идеи; разработка методологии исследования, формальный анализ; проведение исследования, написание рукописи; рецензирование и редактирование.

Роман Хажсетович Кандроков: формулирование исследовательских целей и задач; создание модели исследования; руководство исследовательским проектом; проведение исследования; написание рукописи.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Irina G. Belyavskaya: ideas; design of methodology, formal analysis, investigation; original draft preparation; writing, review & editing.

Roman Kh. Kandrov: formulation of research goals and aims; creation of a research model; research project management; investigation; preparation of the published work.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Аль-Сухайми, С. А., Тошев, А. Д., & Андросова, Н. В. (2022) Исследование качественных показателей хлебобулочных изделий функциональной направленности с добавлением продуктов переработки растительного сырья. *Вестник КрасГАУ*, 8(185), 180–186. <http://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-8-180-186>
- Al-Suhaimi, S. A., Toshev, A. D., & Androsova, N. V. (2022) Study of quality indicators of functional bakery products with the addition of processed plant materials. *Vestnik KrasSAU*, 8(185), 180–186. <http://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-8-180-186>
- Бакин, И. А., Мустафина, А. С., & Колбина, А. Ю. (2016). Изучение технологических аспектов использования нетрадиционного сырья в производстве булочных изделий. *Вестник КрасГАУ*, 12, 17–24.
- Bakin, I. A., Mustafina, A. S., & Kolbina, A. Yu. (2016). Study of technological aspects of using non-traditional raw materials in the production of bakery products. *Vestnik KrasSAU*, 12, 17–24.
- Бань, М. Ф. (2019). Обзор нетрадиционных видов муки и исследование возможности их использования в рецептурах мучных кондитерских изделий. *Потребительская кооперация*, 3(66), 78–81.
- Ban, M. F. (2019). Review of non-traditional types of flour and study of the possibility of their use in flour confectionery recipes. *Consumer Cooperation*, 3(66), 78–81.
- Воршева, А. В., Багнавец, Н. Л., Григорьева, М. В., & Белопухов, С. Л. (2023). Оценка возможности использования конопляной муки в хлебопечении. *АгроЭкоИнфо*, 3(57), 1–10.
- Vorsheva, A. V., Bagnavets, N. L., Grigorieva, M. V., & Belopukhov, S. L. (2023). Evaluation of the possibility of using hemp flour in bakery. *AgroEcolInfo*, 3(57), 1–10.
- Витол, И. С., & Мелешкина, Е. П. (2024) Композитные виды муки. Часть 1. Обогащение пшеничной муки злаковыми, бобовыми и масличными культурами (обзор). *Пищевая промышленность*, (4), 27–34. <http://doi.org/10.52653/PPI.2024.4.4.005>
- Vitol, I. S., & Meleshkina, E. P. (2024) Composite types of flour. Part 1. Fortification of wheat flour with cereals, legumes, and oilseeds (review). *Food industry*, (4), 27–34. <http://doi.org/10.52653/PPI.2024.4.4.005>
- Бубнова, А. А. (2020). Использование семян посевной конопли в специализированных пищевых продуктах. *Хлебопродукты*, (7), 48–50. <http://doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-7-48-50>
- Bubnova, A. A. (2019). Use of hemp seeds in specialized food products. *Khleboproducty*, (7), 48–50. <http://doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-7-48-50>
- Богатырева, Т. Г., Белявская, И. Г., & Муратова, А. А. (2021). Обогащение хлебобулочных изделий с использованием нетрадиционного растительного сырья. *Хлебопродукты*, (6), 48–49. <http://doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-6-48-49>
- Bogatyreva, T. G., Belyavskaya, I. G., & Muratova, A. A. (2021). Fortification of bakery products using non-traditional plant raw materials. *Khleboproducty*, (6), 48–49. <http://doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-6-48-49>
- Галушина, П. С. (2021). Опыт применения семян конопли в продуктах питания. *Тенденции развития науки и образования*, 79(6), 153–156. <http://doi.org/10.18411/trnio-11-2021-278>
- Galushina, P. S. (2021). Experience in the use of hemp seeds in food products. *Trends in the Development of Science and Education*, 79(6), 153–156. <http://doi.org/10.18411/trnio-11-2021-278>
- Григорьев, С. В., Шеленга, Т. В., & Илларионова, К. В. (2019). Масла конопли и хлопчатника образцов коллекции ВИР как источник функциональных пищевых ингредиентов. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*, 180(2), 38–43. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-38-43>
- Grigoriev, S.V., Shelenga, T.V., & Illarionova, K.V. (2019). Hemp and cottonseed oils from VIR collection as a source of functional food ingredients. *Transactions on Applied Botany, Genetics and Selection*, 180(2), 38–43. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-38-43>
- Дранников, А. В., Шевцов, А. А., Пономарева, Е. И., Засыпкин, Н. В., & Логунова Л. В. (2021). Пароэжекторный тепловой насос как источник альтернативной энергии в технологии хлебобулочных изделий. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 83(3), 21–29. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-3-23-29>
- Drannikov, A. V., Shevtsov, A. A., Ponomareva, E. I., Zasyppkin, N. V., & Logunova, L. V. (2021). Steam jet heat pump as an alternative energy source in bakery technology. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 83(3), 21–29. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-3-23-29>
- Зубцов, В. А., Ефремов Д. П., & Зубцова Е. В. (2018). Гидроколлоиды семян льна и конопли в функциональных и специализированных пищевых продуктах. *Актуальная биотехнология*, 1(26), 369–373.

И. Г. Белявская, Р. Х. Кандроков

- Zubtsov, V. A., Efremov, D. P., & Zubtsova, E. V. (2018). Flax and hemp seed hydrocolloids in functional and specialized food products. *Actual Biotechnology*, 1(26), 369–373.
- Илларионова К. В., & Григорьев С. В. (2014). Изменчивость свойств конопляного масла различного происхождения. *Международный технико-экономический журнал*, (6), 80–83.
- Illarionova K. V., & Grigoriev S. V. (2014). Variability of properties of hemp oil of different origin. *The International Technical-Economic Journal*, (6), 80–83.
- Коломникова, Я. П., Литвинова, Е. В., Анохина, С. И., & Текутьева, Ю. А. (2016). Использование нетрадиционного сырья при производстве безглютеновых мучных и кулинарных изделий с целью повышения пищевой ценности. *Актуальная биотехнология*, 1(16), 45–48.
- Kolomnikova, Ya. P., Litvinova, E. V., Anokhina, S. I., & Tekutyeva, Yu. A. (2016). Use of non-traditional raw materials in the production of gluten-free flour and culinary products to improve nutritional value. *Actual Biotechnology*, 1(16), 45–48.
- Панкратов Г. Н., Мелешкина Е. П., Витол И. С., Кечкин И. А., & Коломиец С. Н. (2022). Технологические показатели новых сортов трехкомпонентной муки. *Пищевая промышленность*, (5), 16–19. <http://doi.org/10.52653/PPI.2022.5.5.004>
- Pankratov, G. N., Meleshkina, E. P., Vitol, I. S., Kechkin, I. A., & Kolomiets, S. N. (2022). Technological indicators of new varieties of three-component flour. *Food Industry*, (5), 16–19. <http://doi.org/10.52653/PPI.2022.5.5.004>
- Кандроков, Р. Х. (2023). Способ получения цельносмолотой пшенично-конопленной муки (Патент РФ № 2 810 097). РОСБИОТЕХ. <https://patents.ru/patentnumber=2810097>
- Kandrokov, R. Kh. (2023). Method for obtaining whole-milled wheat-hemp flour (Russian Patent No. 2,810,097). ROSBIOTEKH" <https://patents.ru/patentnumber=2810097>
- Кандроков, Р. Х., Терентьев, С. Е., Лабутина, Н. В., Кусова, И. У., & Рындин, А. А. (2021). Влияние соотношения помольной смеси зерна пшеницы и семян конопли на крупобразующую способность пшенично-конопленной зерновой смеси. *Хлебопродукты*, (10), 41–43. <http://dx.doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-10-41-43>
- Kandrokov, R. Kh., Terentyev, S. E., Labutina, N. V., Kusova, I. U., & Ryndin, A. A. (2021). The effect of the ratio of the milling mixture of wheat grain and hemp seeds on the grain-forming capacity of the wheat-hemp grain mixture. *Khleboproducty*, 10, 41–43. <http://dx.doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-10-41-43>
- Кандроков, Р. Х., Кирюшин, А. В., & Прудникова, А. С. (2023). Влияние соотношения помольной смеси зерна пшеницы и амаранта на химические и физико-химические показатели пшенично-амарантовой муки. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*, 53(6), 83–91. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-6-10>
- Kandrokov, R. Kh., Kiryushin, A. V., & Prudnikova, A. S. (2023). Influence of the ratio of the milling mixture of wheat and amaranth grains on the chemical and physicochemical parameters of wheat-amaranth flour. *Siberian Bulletin of Agricultural Science*, 53(6), 83–91. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-6-10>
- Красавина, Е.В. & Хашева, И.А. (2024). Оптимизация процесса ферментации хлебного теста с помощью АСУ ТП: контроль температуры, влажности и времени. *Хлебопечение России*, 68(2), 10–17.
- Krasavina, E.V. & Khasheva, I.A. (2024). Optimization of the bread dough fermentation process using an automated process control system: Temperature, humidity, and time control. *Bakery in Russia*, 68(2), 10–17.
- Латышева З. И., Власова О. В., Наджафова М. Н., & Александрова Е. Г. (2023) О результатах производственно-экономической деятельности лидеров рынка хлебобулочных изделий РФ. *Вестник НГИЭИ*, 142(3), 71–83. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2023-3-71-83>
- Latysheva Z. I., Vlasova O. V., Nadzhafova M. N., & Aleksandrova E. G. About the results of production and economic activity of the leaders of the bakery products market of the Russian Federation. *Bulletin NGIEI*, 142(3), 71–83. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2023-3-71-83>
- Резниченко, И. Ю., Рензяева, Т. В. & Табаторович, А. Н. (2017). Формирование ассортимента мучных кондитерских изделий функциональной направленности. *Техника и технология пищевых производств*, 2(45), 149–162.
- Reznichenko, I. Yu., Renzyaeva, T.V. & Tabatorovich, A.N. (2017). Formation of the assortment of functional flour confectionery products. *Food Production Engineering and Technology*, 2(45), 149–162.
- Сажина, К. А., & Плотников, А. М. (2023). Рецепт пшеничного хлеба с добавлением конопляной муки и дробленых семян конопли (Патент РФ № 2 787 364). <https://patents.ru/patentnumber=2787364>
- Sazhina, K. A., & Plotnikov, A. M. (2023). Recipe for wheat bread with the addition of hemp flour and crushed hemp seeds (Russian Patent No. 2,787,364). <https://patents.ru/patentnumber=2787364>
- Серков, В.А. & Кабунина, И.В. (2022). К аспекту нормативно-правового регулирования выращивания и переработки конопли посевной в России. *Международный сельскохозяйственный журнал*, 385(1), 99–102. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_1_99
- Serkov, V.A. & Kabunina, I.V. (2022). On the aspect of legal regulation of cultivation and processing of hemp in

- Russia. *International Agricultural Journal*, 385(1), 99–102. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_1_99
- Савостин, С. Д., Бесфамильная, Е. М., Василькин, Д. П., & Помазунов, А. А. (2024). Разработка информационно-аналитической системы для управления процессами контроля качества готовой продукции на хлебопекарном производстве. *Пищевая промышленность*, (6), 91–94. <https://doi.org/10.52653/PPI.2024.6.6.019>
- Savostin, S. D., Besfamilnaya, E. M., Vasilkin, D. P., & Pomazunov, A. A. (2024). Development of an information and analytical system for managing the quality control processes of finished products in bakery production. *Food Industry*, (6), 91–94. <https://doi.org/10.52653/PPI.2024.6.6.019>
- Мелешкина, Е.П., Коломиец, С.Н., Бундина, О.И., & Жильцова Н.С. (2023). Современные требования к качеству ценной пшеницы в России. *Пищевая промышленность*, (6), 6–8. <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.6.6.001>
- Meleshkina, E.P., Kolomiets, S.N., Bundina, O.I., & Zhiltsova, N.S. (2023). Modern requirements for the quality of valuable wheat in Russia. *Food Industry*, (6), 6–8. <https://doi.org/10.52653/PPI.2023.6.6.001>
- Мелешкина, Е.П., & Витол И.С. (2023). Наиболее важные изменения в нормативных документах, регламентирующих качество и безопасность зерна и продуктов его переработки, за последние два года. *Хлебопродукты*, (1), 38–42. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2023-32-1-38-42>
- Meleshkina, E.P., & Vitol, I.S. (2023). The most important changes in regulatory documents governing the quality and safety of grain and its processed products over the past two years. *Khleboproducty*, (1), 38–42. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2023-32-1-38-42>
- Толкачева, С.В., & Петрова, А.А. (2024). Тенденции и перспективы российского экспорта хлебобулочных изделий. *Форум. Серия: Роль науки и образования в современном информационном обществе*, S1(31), 148–156.
- Tolkacheva, S.V., & Petrova, A.A. (2024). Trends and prospects of Russian bakery exports. *Forum. Series: The Role of Science and Education in the Modern Information Society*, S1(31), 148–156.
- Турсунбаева, Ш. А., Изтаев, А. И., Магомедов, М. Г., & Якияева М. А. (2019). Разработка инновационных технологии хлебных изделий из цельносмолотой муки разных классов. *Вестник ВГУИТ*, 4(82), 114–116. <http://dx.doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-83-88>
- Tursunbaeva, Sh. A., Iztaev, A. I., Magomedov, M. G. & Yakiyaeva, M. A. (2019). Development of innovative technologies for bread products from whole-mill flour of different classes. *VSUET Bulletin*, 4(82), 114–116. <http://dx.doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-83-88>
- Ущачовский, В. И., Гончарова, А. А., & Миневиц, И. Э. (2022). Влияние переработки на белковый комплекс семян конопли. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 84(1), 66–72. <http://dx.doi.org/10.20914/2310-1202-2022-1-66-72>
- Ushchapovsky, V. I., Goncharova, A. A., & Minevich, I. E. (2022). the effect of processing on the protein complex of hemp seeds. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 84(1), 66–72. <http://dx.doi.org/10.20914/2310-1202-2022-1-66-72>
- Чэнь, Ч. (2024). Применение автоматизированных систем управления для оптимизации процессов хлебопечения на промышленных предприятиях. *Хлебопечение России*, 68(1), 23–33.
- Chen, C. (2024). Application of automated control systems to optimize bakery processes in industrial enterprises. *Bakery in Russia*, 68 (1), 23–33.
- Шэнь, Ц. (2024). Применение робототехнических систем для автоматизации процессов загрузки и выгрузки хлебобулочных изделий в хлебопечках. *Хлебопечение России*, 68(2), 58–67.
- Shen, C. (2024). Application of robotic systems for automation of loading and unloading processes of bakery products in bread makers. *Bakery in Russia*, 68(2), 58–67.
- Шахрай, Т. А., Воробьева, О. В. & Викторова, Е. П. (2021). Основные тенденции развития рынка функциональных хлебобулочных изделий. Новые технологии, 17(3), 51–58. <http://doi.org/10.47370/2072-0920--2021-17-3-51-58>
- Shakhrai, T. A., Vorobyova, O. V. & Viktorova, E. P. (2021). Main trends in the development of the functional bakery products market. *New technologies*, 17(3), 51–58. <http://doi.org/10.47370/2072-0920-2021-17-3-51-58>
- Шаззо, А.Ю. (2023). Моделирование технологических процессов зерноперерабатывающих предприятий от зерна до готовых хлебобулочных изделий. В *Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века* (с. 5–7). Краснодар: «ФГБОУ ВО «КубГТУ».
- Shazzo, A. Yu. (2023). Modeling of technological processes of grain processing enterprises from grain to finished bakery products. In *Bakery, confectionery and pasta products of the XXI century* (p. 5–7). Krasnodar: KubSTU.
- Щеголева, И. Д., Васькина, В. А., Машкова, И. А., & Новожилова, Е. С. (2024). Пищевая ценность безглютенового заварного полуфабриката на основе продуктов переработки конопли. *Хлебопродукты*, (4), 37–41. <http://doi.org/10.32462/0235-2508-2024-33-4-37-41>
- Schegoleva, I. D., Vaskina, V. A., Mashkova, I. A., & Novozhilova, E.S. (2024). Nutritional value of gluten-free custard semi-finished product based on hemp

- processing products. *Khleboproducty*, (4), 37–41. <http://dx.doi.org/10.32462/0235-2508-2024-33-4-37-4117>
- Alonso-Esteban, J. I. et al. (2022). Chemical composition and biological activities of whole and dehulled hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Food Chemistry*, 374, 131754. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131754>
- Aloo, S. O., Mwititi, G., Ngugi, L. W., & Oh, D. H. (2022). Uncovering the secrets of industrial hemp in food and nutrition: The trends, challenges, and new age perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28, 1–20. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2149468>
- Andre, C. M., Hausman J. -F., & Guerriero G. (2016). *Cannabis sativa*: The Plant of the Thousand and One Molecules. *Frontiers in Plant Science*, 7–19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00019>
- Arango, S. et al. (2024). Chemical characterization of 29 industrial hempseed (*Cannabis sativa* L.) varieties. *Foods*, 13(2), 210, 1–28. <https://doi.org/10.3390/foods13020210>
- Bartkiene, E., Schleining, G., Krungleviciute, V., Zadeike, D., Zavistanaviciute, P., Dimaite, I., Kuzmaite, I., Riskeviciene, V., & Juodeikiene, G. (2016). Development and quality evaluation of lacto-fermented product based on hulled and not hulled hempseed (*Cannabis sativa* L.). *LWT — Food Science and Technology*, 72, 544–551. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.027>
- Callaway, J. C. (2004). Hemp seed as a nutritional resource: an overview. *Euphytica*, 140(1), 65–72. <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4811-6>.
- Do, D. T., Ye, A., Singh, H., & Acevedo-Fani, A. (2023). Protein bodies from hemp seeds: Isolation, microstructure and physicochemical characterization, *Food Hydrocolloids*, 149, 109597, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109597>
- El-Sohaimy S. A., Androsova N. V., Toshev A.D., & El-Enshasy H.A. (2022). Nutritional quality, chemical, and functional characteristics of Hemp (*Cannabis sativa* ssp. *Sativa*) Protein Isolate. *Plants*, 11(21), 2825. <https://doi.org/10.3390/plants11212825>.
- Farinon, B., Molinari R., Costantini L., & Merendino N. (2020). The seed of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition. *Nutrients*, 12, 1935. <https://doi.org/10.3390/nu12071935>
- Frassinetti, S., Moccia, E., Caltavuturo, L., Gabriele, M., Longo, V., Bellani, L., Giorgi, G., & Giorgetti, L. (2018). Nutraceutical potential of hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds and sprouts. *Food Chemistry*, 262, 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.078>
- Girgih, A. T., Udenigwe, C. C. & Aluko, R. E. (2010). *In vitro* antioxidant properties of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysate fractions. *Journals of the American Oil Chemists Society*, 88(3), 381–389. <https://doi.org/10.1007/s11746-010-1686-7>
- Pankratov G.N., Vitol I.S., Meleshkina E.P., Nagaynikova Yu.R., & Kechkin I.A. (2021). Development of technological schemes for the processes of preparation and milling of two-component grain mixtures. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 640(3), 6402049. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022049>
- Rodriguez-Leyva, D., McCullough, R. S. & Pierce, G. N. (2011). Medicinal use of hempseeds (*Cannabis sativa* L.): effects on platelet aggregation. In V. R. Preedy, R. R. Watson, & V.B. Patel (Eds.), *Nuts and seeds in health and disease prevention*. Amsterdam: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-01960-6>
- Siano, F., Moccia, S., Picariello, G., Russo, G., Sorrentino, G., Di Stasio, M., La Cara, F., & Volpe, M. (2018). Comparative study of chemical, biochemical characteristic and ATR-FTIR analysis of seeds, oil and flour of the edible Fedora cultivar hemp (*Cannabis sativa* L.). *Molecules*, 24(83), 1–13. <https://doi.org/10.3390/molecules24010083>
- Sun, X., Sun, Y., Li, Y., Wu, Q., & Wang, L. (2021). Identification and characterization of the seed storage proteins and related genes of *Cannabis sativa* L. *Frontiers in Nutrition*, 8, 678421, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.678421>
- Tasie, O., Boateng J., & Cebert, E. (2024). Screening for anti-nutrients, antioxidants, minerals, and cannabinoid content in hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed Cultivars. *EC Nutrition*, 19, 1–15.
- Teh, S. S., Bekhit, A. E. D. A., Carne, A. & Birch, J. (2016). Antioxidant and ACE-inhibitory activities of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysates produced by the proteases AFP, HT, Pro-G, actinidin and zingibain. *Food Chemistry*, 203, 199–206. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.057>
- Wang, Q., Jiang, J., & Xiong, Y. L. (2018). High pressure homogenization combined with pH shift treatment: A process to produce physically and oxidatively stable hemp milk. *Food Research International*, 106, 487–494. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.021>
- Werz, O., Seegers, J., Schaible, A. M., Weinigel, C., Barz, D., Koeberle, A., Allegrone, G., Pollastro, F., Zampieri, L., Grassi, G., & Appendino, G. (2014). Cannflavins from hemp sprouts, a novel cannabinoid-free hemp food product, target microsomal prostaglandin E2 synthase-1 and 5-lipoxygenase. *PharmaNutrition*, 2(3), 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2014.05.001>