Вестник ВГУИТ/ Proceedings of VSUET ISSN 2226-910X E-ISSN 2310-1202
DOI: http://doi.org/10.20914/2310-1202-2026-3-179-188 Оригинальная статья/Research article
УДК 637.521.47:633.11:621.798 Open Access Available online at vestnik-vsuet.ru

Разработка рецептуры комбинированных мясорастительных котлет с использованием концентрата белков фасоли и пророщенного зерна тритикале

Светлана Ю. Чурикова [1] sveta-ch-vz@ya.ru 0000-0002-0468-8821
Владимир И. Манжесов [1] mavik62_62@mail.ru 0000-0001-9210-9852
Александр М. Жуков [1] sebon82@mail.ru 0000-0002-4552-6773

1 Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты комплексного исследования по разработке рецептуры и технологии производства мясорастительных рубленых полуфабрикатов – котлет с использованием концентрата белков фасоли (КБФ) и пророщенного зерна тритикале (ПЗТ), а также оценке влияния различных видов упаковки на сохранность качества готовых изделий в процессе холодильного хранения. Установлено, что оптимальной является комбинация КБФ (10% от массы мясного фарша) и ПЗТ (8% от массы мясного фарша), обеспечивающая увеличение массовой доли белка на 14%, повышение влагоудерживающей способности на 22%, улучшение структурно-механических характеристик и значительное обогащение продукта пищевыми волокнами (до 3,2%), витаминами группы В, Е и минеральными веществами. Исследование аминокислотного состава показало увеличение содержания всех незаменимых аминокислот, особенно лизина (на 28%), треонина (на 22%) и валина (на 19%). Коэффициент аминокислотного соответствия белка опытного образца увеличился с 0,51 до 0,69. Разработана технологическая схема, предусматривающая предварительную гидратацию КБФ, подготовку ПЗТ и двухстадийное перемешивание. Исследование трёх видов упаковки показало, что наиболее эффективной для сохранения микробиологической безопасности и органолептических свойств котлет является упаковка в МГС (70% O_2 / 30% CO_2), обеспечивающая срок годности до 10 суток при температуре 4±1°С. Микробиологические и физико-химические показатели разработанного продукта соответствуют требованиям ТР ТС 034/2013.

Ключевые слова: мясорастительные котлеты, концентрат белков фасоли, пророщенное зерно тритикале, аминокислотный состав, комбинированный продукт, функционально-технологические свойства, упаковка, модифицированная газовая среда, срок годности, пищевая ценность.

Development of a formulation for combined meat-and-vegetable cutlets using bean protein concentrate and sprouted triticale grain

Svetlana Yu. Churikova [1] sveta-ch-vz@ya.ru 0000-0002-0468-8821
Vladimir I. Manzhesov [1] mavik62_62@mail.ru 0000-0001-9210-9852
Alexander M. Zhukov [1] sebon82@mail.ru 0000-0002-4552-6773

1 Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 1 Michurin str., Voronezh, 394087, Russia

Abstract. This paper presents the results of a comprehensive study on the development of a formulation and production technology for minced meat-and-vegetable semi-finished products – cutlets – using bean protein concentrate (BPC) and sprouted triticale grain (STG), as well as an assessment of the effect of various packaging types on the quality retention of the finished products during refrigerated storage. It was established that the optimal combination is BPC (10% of the meat mince weight) and STG (8% of the meat mince weight), which provides a 14% increase in the protein mass fraction, a 22% increase in water-holding capacity, improved structural-mechanical characteristics, and significant enrichment of the product with dietary fiber (up to 3.2%), B vitamins, vitamin E, and minerals. The study of the amino acid composition showed an increase in the content of all essential amino acids, particularly lysine (by 28%), threonine (by 22%), and valine (by 19%). The amino acid score coefficient of the experimental sample protein increased from 0.51 to 0.69. A technological flow diagram was developed, which includes preliminary hydration of BPC, preparation of STG, and two-stage mixing. The study of three packaging types showed that the most effective for preserving the microbiological safety and organoleptic properties of the cutlets is packaging in a modified gas atmosphere (MGA) (70% O_2 / 30% CO_2), providing a shelf life of up to 10 days at a temperature of 4±1°C. The microbiological and physicochemical parameters of the developed product comply with the requirements of the Technical Regulation of the Customs Union TR CU 034/2013.

Keywords: meat-and-vegetable cutlets, bean protein concentrate, sprouted triticale grain, amino acid profile, composite food product, functional and technological properties, packaging, modified atmosphere packaging, shelf life, nutritional value.

Для цитирования
Чурикова С.Ю., Манжесов В.И., Жуков А.М. Разработка рецептуры комбинированных мясорастительных котлет с использованием концентрата белков фасоли и пророщенного зерна тритикале // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 3. С. 179–188. doi:10.20914/2310-1202-2026-3-179-188

For citation
Churikova S.Y., Manzhesov V.I., Zhukov A.M. Development of a formulation for combined meat-and-vegetable cutlets using bean protein concentrate and sprouted triticale grain. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2026. vol. 88. no. 3. pp. 179–188. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2026-3-179-188

© 2026, Чурикова С.Ю. и др. / Churikova S.Y. et al.
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Мясо и мясные продукты являются одними из основных источников животного белка, обеспечивающего жизнедеятельность человека.

Однако при всей ценности аминокислотного состава белков в мясных продуктах они не вполне могут в полной мере обеспечить потребность человека во всех незаменимых аминокислотах, которые должны регулярно поступать в организм в соответствии с его физиологической потребностью [1].

Современные тенденции в области совершенствования структуры питания направлены на создание ассортимента продуктов, обогащённых биологически активными веществами (витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами) путём использования растительных добавок [2].

Рынок рубленых полуфабрикатов, в частности котлет, характеризуется высокой динамичностью. Замороженные котлеты являются одним из самых востребованных видов мясной продукции на рынке мясной заморозки [3, 4]. Доля котлет в общем объёме реализуемых замороженных полуфабрикатов составляет до 66%.

Актуальным направлением модификации рецептур мясных продуктов является комбинирование животного и растительного сырья. Использование растительных компонентов способствует расширению ассортимента, улучшению потребительских свойств, обогащению физиологически значимыми компонентами [5].

Среди растительных белковых ингредиентов концентрат белков фасоли (КБФ) представляет значительный интерес благодаря высокому содержанию белка (65–75%), сбалансированному аминокислотному составу с высоким уровнем лизина, наличию пищевых волокон и высокой влагосвязывающей способности. Использование бобовых культур позволяет оптимизировать функционально-технологические свойства и химический состав мясных рубленых полуфабрикатов [6].

Особый интерес в качестве растительного компонента представляет пророщенное зерно тритикале – гибрида пшеницы и ржи. Тритикале имеет ряд преимуществ по сравнению с пшеницей и рожью: содержит более высокие концентрации витаминов, микро- и макроэлементов, имеет повышенное содержание незаменимых аминокислот [7, 19]. В процессе проращивания зерна тритикале происходит значительное увеличение биологической ценности: активизируются ферментные системы, крахмал частично гидролизуется до простых сахаров, содержание витаминов группы В возрастает в 6–8 раз, витамина Е – в 3 раза, синтезируется витамин С [8].

Пророщенное зерно содержит легкоусвояемые углеводы, аминокислоты, жирные кислоты, витамины и ферменты. В настоящее время пророщенное зерно рекомендуется для добавления в различные пищевые продукты, в том числе мясной фарш [9].

Вторым критическим фактором, определяющим качество мясных продуктов, является сохранность в процессе хранения. Упаковка играет важную роль в стабилизации качества и увеличении сроков годности [10]. Традиционная упаковка в воздухопроницаемые материалы не обеспечивает необходимый срок годности охлаждённых мясных продуктов из-за неконтролируемого роста аэробной микрофлоры. В связи с этим всё более широкое применение находят технологии вакуумирования и упаковки в модифицированной газовой среде (МГС) [17].

Цель работы – разработка рецептуры и технологии производства мясорастительных рубленых полуфабрикатов – котлет с использованием концентрата белков фасоли и пророщенного зерна тритикале, а также комплексная оценка влияния различных видов упаковки на сохранность качества готовых изделий в процессе холодильного хранения.

Материалы и методы

В исследовании использовались: говядина котлетная охлаждённая (1 сорт), свинина котлетная охлаждённая, концентрат белков фасоли (содержание белка не менее 70%, доля клетчатки 4–6%), зерно тритикале, хлеб пшеничный 1 сорта, лук репчатый, жир-сырец, соль поваренная пищевая, перец чёрный молотый, сухари панировочные. Вся продукция соответствовала требованиям действующих стандартов.

Зерно тритикале подвергали проращиванию при температуре 20–22 °С в течение 48–72 часов до появления ростков длиной 1,5–2,0 мм. В процессе проращивания зерно периодически увлажняли и промывали для снижения микробиологической обсеменённости. Пророщенное зерно высушивали при температуре 45–50 °С до влажности 10–12% и измельчали до порошкообразного состояния [7].

Для упаковочного эксперимента использовались: воздухопроницаемая плёнка на основе полиэтилена/полиамида (ПЭ/ПА, толщина 80 мкм); вакуумные барьерные пакеты на основе соэкструзионной плёнки EVOH/PE (толщина 90 мкм); пакеты для МГС из того же барьерного материала с газовой смесью 70% O_2/30% CO_2 при отношении газ/продукт 2:1.

В ходе работы оценивали физико-химические показатели сырья, аминокислотный состав готового продукта, функционально-технологические свойства (ФТС) модельных фаршевых систем. Также был проведен микробиологический анализ готового продукта, выявлено влияние упаковки на сроки годности котлет. В работе использовались общепринятые методики.

Результаты и их обсуждение

Был проведен анализ сырья (таблица 1), который показал, что КБФ отличается высоким содержанием белка и очень высокими значениями ВСС, что предопределило его использование в качестве структурообразователя и влагоудерживающего агента [10, 11].

Пророщенное зерно тритикале (ПЗТ) характеризуется повышенным содержанием белка (до 15,8%), пищевых волокон (до 13,8%) и значительно обогащено витаминами и минеральными элементами [12]. В результате проращивания происходит увеличение содержания сырого протеина и сырой клетчатки, активизация ферментных систем, гидролиз крахмала до простых сахаров [13]. Особую ценность представляет аминокислотный состав ПЗТ с высоким содержанием незаменимых аминокислот: валина, изолейцина, лейцина, фенилаланина, треонина и лизина [12].

Таблица 1.

Физико-химические и функционально-технологические показатели сырья, %

Table 1.

Physicochemical and technological-functional characteristics of raw materials, %

Показатель Indicator	Говядина котлетная Beef cutlet	Свинина котлетная Pork cutlet	КБФ	ПЗТ
Массовая доля влаги Moisture content	72,5	65,2	6,5	10,2
Массовая доля белка Protein content	18,5	14,3	70,5	15,8
Массовая доля жира Fat content	6,2	18,5	1,2	2,1
Массовая доля клетчатки Fiber content	–	–	4,5	13,8
ВСС	68,3	58,5	315,0	185,0
ВУС	65,1	55,2	280,0	170,0
ЖУС	72,4	62,8	290,0	158,0

На следующем этапе исследований определяли функционально-техноло-гических свойств модельных фаршей. Было определено оптимальное соотношение говядины и свинины в мясном фарше. Для этого были приготовлены образцы с соотношением говядины и свинины от 80:20 до 40:60.

Установлено, что наилучшими органолептическими и функционально-технологическими показателями обладает образец с соотношением 60:40, обеспечивающий оптимальный баланс нежности, сочности и вкусовой насыщенности.

Далее изучали влияние введения КБФ и ПЗТ на функционально-технологические свойства модельных фаршей. Состав образцов представлен в таблице 2.

Результаты исследования ВСС, ВУС и ЖУС представлены в таблице 3 и на рисунке 1.

Таблица 2.

Состав модельных фаршей для исследования ФТС

Table 2.

Composition of model minced meat formulations for the study of functional-technological properties

Компонент Component	Образец | Sample			
	Контроль Control	1	2	3
Мясной фарш (говядина: свинина 60:40), % Minced meat (beef:pork 60:40),	100	90	85	82
КБФ, % от массы мяса MBF	0	10	10	10
ПЗТ, % от массы мяса PZT	0	0	5	8
Вода, % Water	0	3	4	5

Таблица 3.

Функционально-технологические свойства модельных фаршей

Table 3.

Functional and technological properties of model meat systems

Показатель Indicator	Образец | Sample			
	Контроль Control	1	2	3
ВСС, %	62,4	76,5	80,8	84,2
ВУС, %	58,1	70,2	73,5	76,2
ЖУС, %	55,3	66,8	69,2	71,5

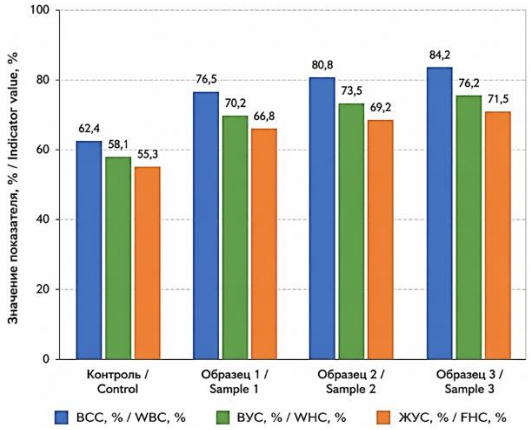


Рисунок 1. Диаграмма функционально-техноло-гических свойств модельных фаршей

Figure 1. Diagram of the functional and technological properties of model meat systems

Анализ полученных данных показывает, что введение КБФ и ПЗТ в состав мясного фарша способствует значительному улучшению всех исследуемых функционально-технологических свойств.

Введение 10% КБФ (образец 1) повысило ВСС на 22,6% по сравнению с контролем (с 62,4 до 76,5%). Добавление 5% ПЗТ (образец 2) обеспечило дополнительное увеличение ВСС до 80,8%, а при введении 8% ПЗТ (образец 3) ВСС достигла 84,2%, что на 20,5% выше контрольного значения (69,9% в пересчёте на сухое вещество). Это объясняется высокой гидрофильностью белков фасоли и способностью клетчатки пророщенного зерна удерживать влагу за счёт набухания. Однако при введении КБФ в количестве более 12% наблюдалось появление лёгкого «бобового» привкуса, что ограничивает его использование в рецептурах.

Аналогичная тенденция наблюдается для ВУС. Введение 10% КБФ повысило ВУС на 20,8% (с 58,1 до 70,2%). Добавление 8% ПЗТ (образец 3) увеличило ВУС до 76,2%, что на 17,2% выше контроля (65,0% в пересчёте на сухое вещество). Улучшение ВУС связано с формированием более прочной белково-липидной матрицы, способной удерживать воду при механических воздействиях. При введении ПЗТ в количестве более 10% появлялся специфический зерновой привкус и излишняя плотность фарша, что негативно сказывалось на органолеп-тических показателях.

Жироудерживающая способность также возрастает при введении добавок. Для образца 3 (10% КБФ + 8% ПЗТ) ЖУС составила 71,5%, что на 14,8% выше контроля (62,3% в пересчёте на сухое вещество). Это объясняется эмульгирующими свойствами белков фасоли и способностью клетчатки пророщенного зерна связывать жиры.

Для визуализации структурных изменений, происходящих в фарше при введении растительных компонентов, был проведён микроструктурный анализ с использованием оптической микроскопии (рисунок 2). Микроструктура контрольного и опытных образцов имеет существенные различия, обусловленные введением КБФ и ПЗТ.

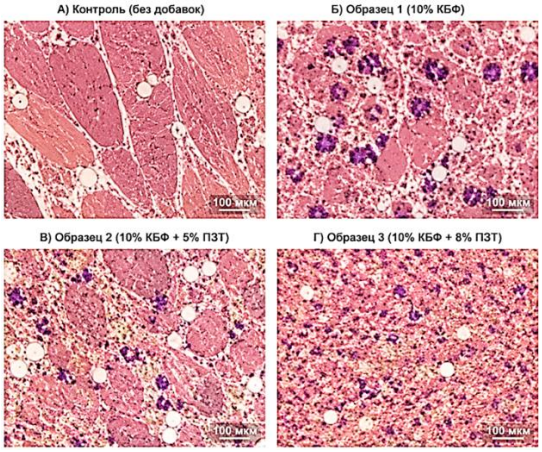


Рисунок 2. Микроструктура модельных фаршей (увеличение ×200)

Figure 2. Microstructure of model meat systems (×200)

На рисунке 2 видно, что в контрольном образце (рисунок 2а) мышечные волокна образуют плотную, слабо рыхлую структуру с чёткими границами, что обусловливает низкие показатели ВСС и ВУС. В образце 1 с заменой 10% КБФ (рисунок 2б) формируется более пористая структура, образующая разветвлённую белковую сеть, удерживающую влагу, а мелкие жировые включения лучше диспергируются, что повышает ЖУС и увеличивает ВСС на 22,6%. В образце 2 с растительной композицией 10% КБФ + 5% ПЗТ (рисунок 2в) дополнительное введение гидрофильной клетчатки пророщенного зерна делает структуру более губчатой, повышая ВСС и ВУС, а белково-растительные компоненты формируют единый структурный каркас.

В образце 3 с заменой из 10% КБФ + 8% ПЗТ (рисунок 2г) достигается наиболее однородная микроструктура: мелкодисперсная сеть КБФ с включениями частиц клетчатки ПЗТ полностью окружает мышечные волокна, а жировые включения распределены равномерно, что обеспечивает максимальные показатели ВСС (84,2%), ВУС (76,2%) и ЖУС (71,5%) и нежную консистенцию; дальнейшее увеличение ПЗТ приводило к излишней плотности структуры и ухудшению органолеп-тических показателей.

На основе анализа ФТС, микроструктуры фарша, органолеп-тических показателей, а также с учётом выявленных ограничений (появление бобового привкуса и зернового привкуса) в качестве оптимальной выбрана комбинация:

КБФ – 10% от массы мясного фарша, ПЗТ – 8% от массы мясного фарша (образец 3). Данная рецептура обеспечивает максимальное улучшение ФТС при сохранении высоких органолеп-тических показателей.

Рецептура разработанных мясорастительных котлет представлена в таблице 4.

Таблица 4.
Функционально-технологические свойства модельных фаршей
Table 4.
Formulation of meat-and-vegetable patties containing CBF and PZT

Сырьё Raw material	Массовая доля в рецептуре, % Value
Несоленое сырье	
Говядина котлетная | Beef cutlet	28,5
Свинина котлетная | Pork cutlet	19,0
Концентрат белков фасоли (КБФ) Bean protein concentrate (BPC)	4,8
Пророщенное зерно тритикале (ПЗТ) Sprouted triticale grain (STG)	3,8
Хлеб пшеничный 1 сорт Grade 1 wheat bread	10,0
Лук репчатый | Onion	2,0
Жир-сырец | Raw fat	2,0
Сухари панировочные | Breadcrumbs	3,0
Яйцо куриное | Chicken egg	1,0
Пряности и добавки	
Соль поваренная | Table salt	1,2
Перец чёрный молотый Ground black pepper	0,1
Мускатный орех | Nutmeg	0,01
Вода питьевая | Drinking water	24,59
Итого | Total	100,0

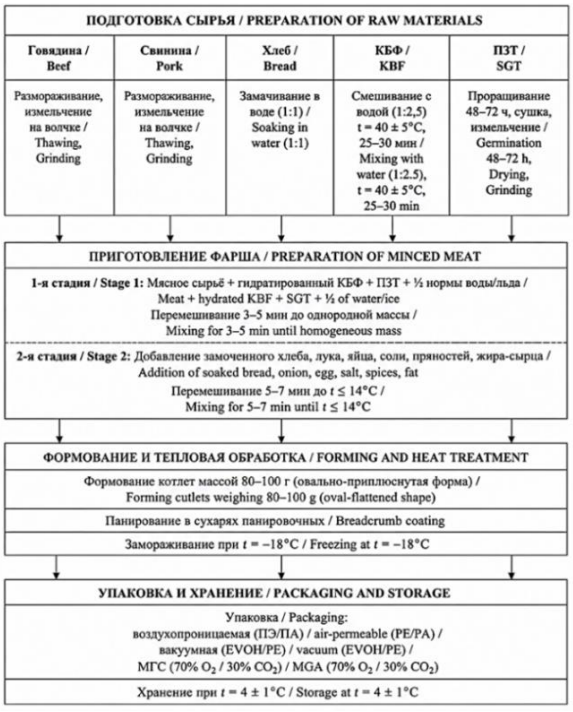


Рисунок 3. Блок-схема технологического процесса производства мясорастительных котлет с КБФ и ПЗТ

Figure 3. Flowchart of the production process for meat-and-vegetable cutlets with CBF and PZT

С учётом свойств КБФ и ПЗТ была модифицирована традиционная технология. Ключевыми отличиями являются: предварительная гидратация КБФ для раскрытия его функционального потенциала [10] и подготовка ПЗТ (проращивание, сушка, измельчение). Разработанная технологическая схема представлена на рисунке 3.

Сравнительный анализ химического состава контрольного образца (котлеты по традиционной рецептуре) и опытных образцов представлен в таблице 5.

Как видно из таблицы, введение КБФ и ПЗТ позволило увеличить содержание белка на 14% и значительно обогатить продукт пищевыми волокнами (с 0,5 до 3,2%). Снижение массовой доли жира на 1,4% также является положительным фактором.

Результаты оценки витаминного и минерального состава (таблица 6) показывают значительное обогащение продукта при использовании ПЗТ. Содержание витаминов группы В увеличилось в 2,9–3,0 раза, витамина Е – в 2,8 раза, появился витамин С. Содержание калия возросло на 43%, кальция – в 2,3 раза, магния – в 2,8 раза. Это объясняется тем, что в процессе проращивания зерна тритикале происходит синтез витаминов и переход минеральных элементов в легкодоступную форму [19].

Таблица 5.
Химический состав и пищевая ценность образцов котлет
Table 5.
Chemical composition and nutritional value of cutlet samples

Показатель Indicator	Контроль Control	Эксперимент Experiment (КБФ + ПЗТ)
Массовая доля влаги, % | Moisture, %	65,1	60,5
Массовая доля белка, % | Protein, %	11,1	12,7
Массовая доля жира, % | Fat, %	11,6	10,2
Массовая доля углеводов, % Carbohydrates, %	9,3	13,8
в т. ч. пищевые волокна, % Including dietary fiber, %	0,5	3,2
Зола, % | Ash, %	2,0	2,4
Энергетическая ценность, ккал/100 г | Energy value, kcal/100 g	189	182

Таблица 6.
Витаминный и минеральный состав опытных образцов котлет
Table 6.
Vitamin and mineral composition of the experimental cutlet samples

Показатель	Контроль	Эксперимент (КБФ + ПЗТ)
Витамины, мг/100 г | Vitamins, mg/ 100 g		
B_1	0,08	0,24
B_2	0,12	0,35
B_6	0,15	0,42
E	0,30	0,85
C	0	2,10
Минеральные в-ва, мг/100 г | Minerals, mg/ 100 g		
K	185	265
Ca	12	28
Mg	15	42
P	140	195
Fe	1,8	2,6

Одним из ключевых показателей пищевой ценности продуктов является аминокислотный состав белка. Результаты исследования аминокислотного состава контрольного и опытного образцов представлены в таблице 7.

Как видно из представленных данных, введение КБФ и ПЗТ в рецептуру котлет привело к значительному увеличению содержания всех незаменимых аминокислот. Наиболее существенное увеличение отмечено для лизина – на 28% (с 73,3 до 93,8 мг/г белка), треонина – на 22% (с 40,0 до 48,8 мг/г белка), валина – на 19% (с 52,6 до 62,8 мг/г белка) и изолейцина – на 15% (с 43,7 до 50,4 мг/г белка). Это обусловлено тем, что КБФ богат лизином, а ПЗТ содержит повышенное количество валина, изолейцина и треонина. Содержание суммы метионина и цистеина возросло на 11%, лейцина – на 11%, триптофана – на 15%, фенилаланина и тирозина – на 8%.

Таблица 7.

Аминокислотный состав образцов котлет, мг/г белка

Table 7.

Amino acid profile of the cutlet samples (mg/g protein)

Аминокислота Amino acid	Эталон ФАО/ВОЗ	Контроль Control	Эксперимент Experiment (КБФ + ПЗТ)
Val	50	52,6	62,8
Iso	40	43,7	50,4
Ley	70	75,7	84,2
Lys	55	73,3	93,8
Met+Cys	35	40,1	44,5
Tre	40	40,0	48,8
Try	10	12,4	14,2
Phy+Tyr	60	76,2	82,5

Аминокислотный скор – важнейший показатель биологической ценности белка, отражающий степень соответствия аминокислотного состава продукта потребностям организма. Результаты расчёта аминокислотных скоров представлены в таблице 8.

Таблица 8.

Аминокислотный скор образцов котлет, %

Table 8.

Amino acid score of the cutlet samples (%)

Аминокислота Amino acid	Контроль Control	Эксперимент Experiment (КБФ + ПЗТ)
Val	105,2	125,6
Iso	109,3	126,0
Ley	108,1	120,3
Lys	133,3	170,5
Met+Cys	114,6	127,1
Tre	100,0	122,0
Try	124,0	142,0
Phy+Tyr	127,0	137,5

Анализ аминокислотных скоров показал, что все незаменимые аминокислоты в опытном образце имеют скор, превышающий 100%, что свидетельствует о высокой биологической ценности белка разработанного продукта. Особенно высокий скор отмечен для лизина (170,5%), что значительно выше контрольного образца (133,3%). Введение растительных компонентов позволило повысить скор треонина со 100% до 122%, что особенно важно, так как в традиционных мясных продуктах треонин часто является лимитирующей аминокислотой.

Расчёт коэффициента аминокислотного соответствия (К) показал, что для контрольного образца К = 0,51, что значительно ниже идеального значения (1,0). Для опытного образца коэффициент увеличился до 0,69, что свидетельствует о существенном улучшении сбалансированности аминокислотного состава белка. Это достигается благодаря взаимодополняющему эффекту животного и растительного белков: мясной белок, богатый серосодержащими аминокислотами, дополняется растительным белком КБФ и ПЗТ, содержащими повышенное количество лизина и других незаменимых аминокислот.

Для оценки влияния упаковки образцы котлет были разделены на три группы: Группа 1 – воздухопроницаемая упаковка (ПЭ/ПА); Группа 2 – вакуумная упаковка (EVOH/PE); Группа 3 – упаковка в МГС (70% O_2 / 30% CO_2) [15, 16]. Хранение проводили при 4 ± 1 °C в течение 12 суток. Результаты представлены на рисунке 4.

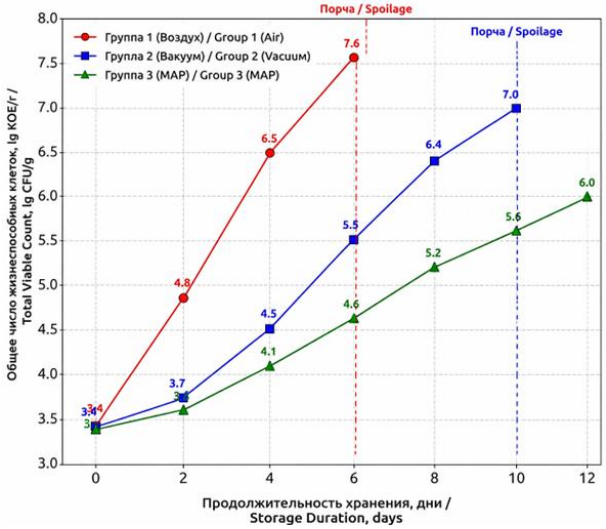


Рисунок 4. Динамика изменения КМАФАнМ в котлетах при различных видах упаковки

Figure 4. Changes in total viable count (TVC) in cutlets packaged under different conditions

Наиболее быстрый рост микрофлоры наблюдался в контрольной группе. Вакуумная упаковка подавила рост аэробных бактерий до 8 суток. Упаковка в МГС продемонстрировала наилучший эффект.

Изменение цветовых координат представлено в таблице 10.

В контрольной группе наблюдалось резкое падение красности (a*) и светлоты (L*) к 4-м суткам, что связано с окислением оксимиоглобина в метмиоглобин и развитием поверхностной микробной плёнки.

Изменение pH и окислительной стабильности липидов представлено в таблице 9.

Таблица 9.
Изменение физико-химических показателей котлет при хранении

Table 9.
Changes in the color parameters (CIE L×a×b*) of cutlets as a function of packaging

Группа Group	Срок, сут Duration	pH	Перекисное число, % J_2 Peroxide value, % J_2
1 (Воздух)	0	5,9	0,02
	4	6,1	0,08
2 (Вакуум)	0	5,9	0,02
	4	5,7	0,03
	8	5,5	0,06
3 (МГС)	0	5,9	0,02
	4	5,9	0,10
	8	5,8	0,17
	12	5,8	0,23

Таблица 10.
Изменение цветовых координат (CIE L×a×b*) поверхности котлет при хранении

Table 10.
Changes in the color coordinates (CIE L×a×b*) of the cutlet surface during storage

Группа Group	Срок, сут Duration	L*	a*	b*
1 (Воздух)	0	47,5	12,2	14,8
	4	41,5	7,8	17,2
2 (Вакуум)	0	47,5	12,2	14,8
	4	45,5	9,8	14,2
	8	45,0	9,0	14,0
3 (МГС)	0	47,5	12,2	14,8
	4	49,0	14,0	15,2
	8	48,2	12,8	15,5
	12	47,8	12,0	15,8

В вакуумной упаковке цвет стабилизировался на уровне восстановленного миоглобина (пурпурно-красный), что выразилось в умеренном снижении показателя a*. Наиболее стабильный и привлекательный ярко-красный цвет был сохранён в группе МГС благодаря высокому парциальному давлению кислорода, поддерживающему форму оксимиоглобина.

Результаты органолептической оценки приведены на рисунке 6.

Диаграмма отражает динамику органолептической оценки котлет по пяти критериям (внешний вид, цвет, запах, вкус – по 20%, нежность и сочность – по 10%) с использованием 5-балльной шкалы (0 – очень плохо, 5 – отлично).

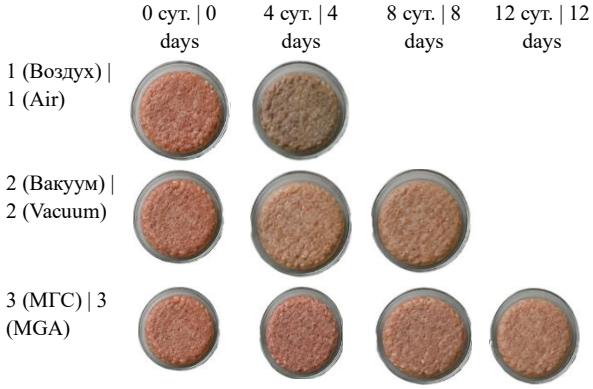


Рисунок 5. Изменение цвета котлет в зависимости от упаковки

Figure 5. Color changes in cutlets as a function of packaging

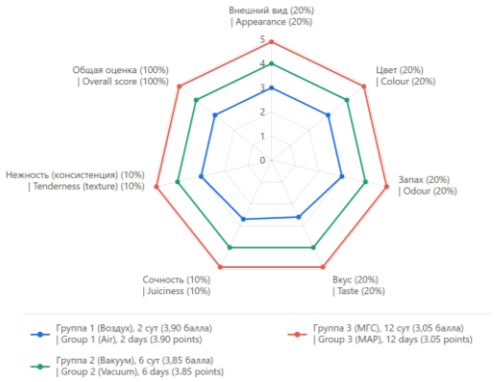


Рисунок 6. Динамика общей органолептической оценки котлет

Figure 6. Changes in the overall sensory score of cutlets during storage

При хранении котлет в воздухопроницаемой упаковке (группа 1) общая оценка составила 3,90 балла на 2-е сутки, в вакуумной упаковке (группа 2) – 3,85 балла на 6-е сутки, а в МГС (группа 3) – 3,05 балла на 12-е сутки, что подтверждает наибольшую сохраняемость органолеп-тических свойств образцов в модифицированной газовой среде.

Результаты микробиологического анализа представлены в таблице 11.

Микробиологические показатели разработанных котлет в упаковке МГС в течение всего срока хранения (10 суток) соответствуют требованиям ТР ТС 034/2013 О безопасности мяса

и мясной продукции: КМАФАнМ не превышает допустимый уровень ($4{,}8\times10^5$ КОЕ/г при норме $\leq 5\times10^5$ КОЕ/г), а патогенные микроорганизмы (БГКП, *S. aureus*, сульфитредуцирующие клостридии, сальмонеллы) отсутствуют.

Проведённые исследования позволили научно обосновать и разработать рецептурную композицию котлет с введением 10% концентрата белков фасоли и 8% пророщенного зерна тритикале от массы мясного сырья при оптимальном соотношении говядины и свинины 60:40, обеспечивающем сбалансированность пищевой ценности и высокие органолептические характеристики.

Таблица 11.

Микробиологические показатели котлет с КБФ и ПЗТ (МГС)

Table 11.

Microbiological parameters of cutlets with CBF and PZT (MGS)

Показатель Indicator	Требования ТР ТС 034/2013	0 сут	6 сут	10 сут
КМАФАнМ, КОЕ/г	$\leq 5\times10^5$	$2{,}5\times10^3$	$4{,}0\times10^4$	$4{,}8\times10^5$
БГКП в 0,01 г	не доп.	не обн. n.d.		
S. aureus в 0,1 г	не доп.			
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г Sulfite-reducing clostridia in 0.01 g	не доп.			
Сальмонеллы в 25 г Salmonella in 25 g	не доп.			

Заключение

Разработанная технология производства, включающая предварительную гидратацию концентрата белков фасоли, подготовку пророщенного зерна тритикале и двухстадийное перемешивание, позволяет получить продукт с повышенной пищевой ценностью: массовая доля белка возрастает на 14%, продукт обогащается пищевыми волокнами (3,2%), витаминами группы В (в 2,7–3,0 раза), витамином Е (в 2,8 раза), витамином С, а также калием, кальцием, магнием, фосфором и железом.

Исследование аминокислотного состава выявило значительное увеличение содержания всех незаменимых аминокислот, наиболее существенное – для лизина (на 28%), треонина (на 22%) и валина (на 19%), при этом аминокислотный скор всех незаменимых аминокислот в опытном образце превышает 100%, а коэффициент аминокислотного соответствия увеличился с 0,51 до 0,69, что свидетельствует о существенном улучшении сбалансированности аминокислотного состава белка.

Установлено улучшение функционально-техноло-гических свойств (ВСС увеличена на 22%). В результате исследования трёх видов упаковки наиболее эффективной признана упаковка в модифицированной газовой среде (70% O_2 / 30% CO_2), обеспечивающая срок годности до 10 суток при сохранении микробиологической безопасности, стабильного цвета и высоких органолеп-тических показателей.

Литература

1 Лисицын А.Б., Устинова А.В., Белякина Н.Е. Функциональные продукты на мясной основе // Хранение и переработка сельхозсырья. 2007. № 8. С. 59–63.

2 Коновалов К.Л., Шулбаева М.Т. Растительные пищевые композиты для производства комбинированных продуктов // Пищевая промышленность. 2008. № 7. С. 8–10.

3 Абсалимова М., и др. Повышение пищевой ценности мясных рубленых полуфабрикатов с использованием новой белково-углеводной композиции // Izdenister Natigeler. 2023. № 3 (99). С. 25–36. doi: 10.37884/3-2023/03

4 Молчанова Е.Н., Удалова Л.П., Понамарева В.Е. Особенности регионального рынка мясных полуфабрикатов // Пищевая промышленность. 2013. № 11. С. 72–74.

5 Вайтанис М.А., Ходырева З.Р. Обогащение мясного фарша растительным сырьем // Современное состояние, перспективы развития молочного животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции: мат. Междунар. науч.-практ. конф. Омск, 2016. С. 200–202.

6 Хамицаева А.С., Хозиев А.М., Хестанова М.И. и др. Разработка технологии пищевой добавки из модифицированной фасоли для использования в рецептурах мясных геродиетических продуктов // Вестник КрасГАУ. 2024. № 7. С. 220–228. doi: 10.36718/1819-4036-2024-7-220-228

7 Касьянова Л.А. Оптимизация режимов проращивания овса голозерного // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2013. № 4. С. 21–27.

8 Алексеев А.Л., Алексеева Т.В. Использование в технологии мясных рубленых полуфабрикатов муки пророщенных семян из нута // Вестник КрасГАУ. 2019. № 12 (153). С. 139–145. doi: 10.36718/1819-4036-2019-12-139-145

9 Андреев Н.Р., Колпакова В.В., Гольдштейн В.Г. К вопросу глубокой переработки зерна тритикале // Пищевая промышленность. 2018. № 9. С. 30–33.

10 Малыгина В.С., Михеева Е.Р. Функциональные свойства белковых концентратов бобовых культур // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 4. С. 41–47.

11 Айрапетян А.А., Чурикова С.Ю., Манжесов В.И., Ковалева Т.С. Разработка и комплексная оценка качества комбинированных мясорастительных рубленых полуфабрикатов функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 1. С. 226–232. doi: 10.20914/2310-1202-2026-1-226-232

12 Касымбек Р. Кормовая ценность и аминокислотный состав пророщенных зерен тритикале // Вестник Алматинского технологического университета. 2023. № 2. С. 115–123. doi: 10.48184/2304-568X-2023-2-115-123

13 Сафронова Т.Н., Казина В.В., Сафронова Т.В. Разработка техноло-гических параметров проращивания зерна пшеницы // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 44. № 1. С. 37–43.

14 Ревуцкая Н.М. и др. Тенденции в сфере упаковки мяса и мясной продукции // Все о мясе. 2020. № 3. С. 32–35.

15 Дружечкова Е.Н., Величко Н.А. Влияние вида упаковки на потребительские свойства мясных изделий // Вестник КрасГАУ. 2020. № 12 (165). С. 215–221.

16 Лаутеншлегер Р. Упаковка свежего мяса в модифицированной атмосфере – аргументы «За» и «Против» // Все о мясе. 2012. № 6. С. 34–38.

17 Зенькова М.Л. и др. Микробиологическая оценка процесса проращивания зерна пшеницы и гречихи // Техника и технология пищевых производств. 2022. № 4. С. 795–804. doi: 10.21603/2074-9414-2021-4-795-804

18 Андреев Н.Р., Колпакова В.В. Белковые препараты из зерна тритикале и их функциональные свойства // Пищевая промышленность. 2022. № 6. С. 32–36.

19 Лавренова З.И., Денисюк Е.А., Залетова Т.В. Влияние пророщенной пшеницы на качество, пищевую ценность и безопасность рубленых полуфабрикатов // Вестник Мичуринского ГАУ. 2017. № 2. С. 68–74.

20 Ramos-Diaz J.M., et al. Functionality of oat fiber concentrate and faba bean protein concentrate in plant-based substitutes for minced meat // Food Research International. 2024. V. 182. P. 114156. doi: 10.1016/j.foodres.2024.114156

21 Bohrer B.M. Understanding the Performance of Plant Protein Concentrates as Partial Meat Substitutes in Hybrid Meat Emulsions // Foods. 2022. V. 11. № 21. P. 3311. doi: 10.3390/foods11213311

22 Ali R.F.M., Alabdullatif N.A. Impact of incorporation of different levels of tritordeum flour on the nutritional, quality, and sensory properties of beef burger samples // International Journal of Food Science and Technology. 2025. V. 60. № 2. P. vvaf127. doi: 10.1093/ijfood/vvaf127

References

1 Lisitsyn A.B., Ustinova A.V., Belyakina N.E. Functional meat-based products. Storage and Processing of Agricultural Raw Materials. 2007. no. 8. pp. 59–63. (in Russian).

2 Konovalov K.L., Shulbaeva M.T. Plant food composites for the production of combined products. Food Industry. 2008. no. 7. pp. 8–10. (in Russian).

3 Absalimova M., Tayeva A., Baibolova L., Glotova I. Increasing the nutritional value of chopped meat semi-finished products using a new protein-carbohydrate composition. Izdenister Natigeler. 2023. no. 3 (99). pp. 25–36. doi: 10.37884/3-2023/03.

4 Molchanova E.N., Udalova L.P., Ponamareva V.E. Features of the regional market of meat semi-finished products. Food Industry. 2013. no. 11. pp. 72–74. (in Russian).

5 Vaitanis M.A., Khodyreva Z.R. Enrichment of minced meat with plant raw materials. In: Current State, Development Prospects of Dairy Cattle Breeding and Processing of Agricultural Products: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Omsk, 2016. pp. 200–202. (in Russian).

6 Khamitsaeva A.S., Khoziev A.M., Khestanova M.I. et al. Development of technology for a food additive from modified beans for use in recipes of meat gerodietetic products. Bulletin of KrasGAU. 2024. no. 7. pp. 220–228. doi: 10.36718/1819-4036-2024-7-220-228 (in Russian).

7 Kasyanova L.A. Optimization of germination modes of naked oat. Food Industry: Science and Technologies. 2013. no. 4. pp. 21–27. (in Russian).

8 Alekseev A.L., Alekseeva T.V. The use of flour from germinated chickpea seeds in the technology of chopped meat semi-finished products. Bulletin of KrasGAU. 2019. no. 12 (153). pp. 139–145. doi: 10.36718/1819-4036-2019-12-139-145 (in Russian).

9 Andreev N.R., Kolpakova V.V., Goldshtein V.G. On the issue of deep processing of triticale grain. Food Industry. 2018. no. 9. pp. 30–33. (in Russian).

10 Malygina V.S., Mikheeva E.R. Functional properties of protein concentrates of leguminous crops. Storage and Processing of Agricultural Raw Materials. 2021. no. 4. pp. 41–47. (in Russian).

11 Airapetyan A.A., Churikova S.Yu., Manzhesov V.I., Kovaleva T.S. Development and comprehensive quality assessment of combined meat-vegetable chopped semi-finished products of functional purpose. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2026. vol. 88. no. 1. pp. 226–232. doi: 10.20914/2310-1202-2026-1-226-232 (in Russian).

12 Kasymbek R. Feed value and amino acid composition of germinated triticale grains. Bulletin of Almaty Technological University. 2023. no. 2. pp. 115–123. doi: 10.48184/2304-568X-2023-2-115-123 (in Russian).

13 Safronova T.N., Kazina V.V., Safronova T.V. Development of technological parameters of wheat grain germination. Technique and Technology of Food Production. 2017. vol. 44. no. 1. pp. 37–43. (in Russian).

14 Revutskaya N.M., Nasonova V.V. Trends in the packaging of meat and meat products. All About Meat. 2020. no. 3. pp. 32–35. (in Russian).

15 Druzhechkova E.N., Velichko N.A. Influence of the type of packaging on the consumer properties of meat products. Bulletin of KrasGAU. 2020. no. 12 (165). pp. 215–221. (in Russian).

16 Lautenschläger R. Packaging of fresh meat in a modified atmosphere – arguments "For" and "Against". All About Meat. 2012. no. 6. pp. 34–38. (in Russian).

17 Zenkova M.L. et al. Microbiological assessment of the germination process of wheat and buckwheat grains. Technique and Technology of Food Production. 2022. no. 4. pp. 795–804. doi: 10.21603/2074-9414-2021-4-795-804 (in Russian).

18 Andreev N.R., Kolpakova V.V. Protein preparations from triticale grain and their functional properties. Food Industry. 2022. no. 6. pp. 32–36. (in Russian).

19 Lavrenova Z.I., Denisyuk E.A., Zaletova T.V. Influence of germinated wheat on the quality, nutritional value and safety of chopped semi-finished products. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2017. no. 2. pp. 68–74. (in Russian).

20 Ramos-Diaz J.M., et al. Functionality of oat fiber concentrate and faba bean protein concentrate in plant-based substitutes for minced meat. Food Research International. 2024. vol. 182. article 114156. doi: 10.1016/j.foodres.2024.114156.

21 Bohrer B.M. Understanding the Performance of Plant Protein Concentrates as Partial Meat Substitutes in Hybrid Meat Emulsions. Foods. 2022. vol. 11. no. 21. article 3311. doi: 10.3390/foods11213311.

22 Ali R.F.M., Alabdullatif N.A. Impact of incorporation of different levels of tritordeum flour on the nutritional, quality, and sensory properties of beef burger samples. International Journal of Food Science and Technology. 2025. vol. 60. no. 2. article vvaf127. doi: 10.1093/ijfood/vvaf127

Сведения об авторах

Светлана Ю. Чурикова д.с-х.н., профессор, заведующий кафедрой, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, sveta-ch-vz@ya.ru https://orcid.org/0000-0002-0468-8821

Владимир И. Манжесов к.с.-х.н., доцент, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, mavik62_62@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-9210-9852

Александр М. Жуков к.с.-х.н., доцент, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, sebon82@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-4552-6773

Information about authors

Svetlana Yu. Churikova Dr. Sci. (Chem.), professor, Department of technology of storage and processing of agricultural products, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Michurina St., 1, Voronezh, 394087, Russia, sveta-ch-vz@ya.ru https://orcid.org/0000-0002-0468-8821

Vladimir I. Manzhesov Cand. Sci. (Chem.), docent, Department of technology of storage and processing of agricultural products, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Michurina St., 1, Voronezh, 394087, Russia, mavik62_62@mail.ru https://orcid.org/0000-0001-9210-9852

Alexander M. Zhukov Cand. Sci. (Chem.), docent, Department of technology of storage and processing of agricultural products, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Michurina St., 1, Voronezh, 394087, Russia, sebon82@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-4552-6773

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/07/2026	**После редакции** 14/07/2026	**Принята в печать** 14/08/2026
Received 01/07/2026	**Accepted in revised** 14/07/2026	**Accepted** 14/08/2026