

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ /
STORAGE AND PROCESSING OF FARM PRODUCTS

Научная статья / *Original article*

УДК 637.52:664; 637.521.427

DOI: 10.31208/2618-7353-2025-32-80-90

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
МЯСНОЙ ЗАКУСКИ ИЗ ФИЛЕ ГРУДКИ ИНДЕЙКИ
С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ФЕРМЕНТАТИВНЫМ ГИДРОЛИЗОМ

**DEVELOPMENT AND INVESTIGATION OF AN INNOVATIVE TECHNOLOGY
FOR TURKEY BREAST MEAT SNACK
WITH CONTROLLED ENZYMATIC HYDROLYSIS**

Полина А. Кухтарева, студент

Сергей Н. Шлыков, доктор биологических наук, доцент

Руслан С. Омаров, кандидат технических наук, доцент

Polina A. Kukhtareva, Student

Sergei N. Shlykov, Dr. Sci. (Biology), Professor

Ruslan S. Omarov, PhD (Technology), Associate Professor

Ставропольский государственный аграрный университет

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

Контактное лицо: Шлыков Сергей Николаевич, заведующий кафедрой, кафедра технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции; Ставропольский государственный аграрный университет; 355035, Россия, Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12; e-mail: shlykovsn@gmail.com; тел.: 8 (8652) 28-61-69; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9894-180X>.

Для цитирования: Кухтарева П.А., Шлыков С.Н., Омаров Р.С. Разработка и исследование инновационной технологии мясной закуски из филе грудки индейки с контролируемым ферментативным гидролизом // Аграрно-пищевые инновации. 2025. Т. 32. № 4. С. 80-90. <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2025-32-80-90>.

Principal Contact: Sergei N. Shlykov, Head of the Department, Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Stavropol State Agrarian University; 12, Zootekhnicheskij lane, Stavropol, 355035, Russian Federation; e-mail: shlykovsn@gmail.com; tel.: +7 (8652) 28-61-69; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9894-180X>.

For citation: Kukhtareva PA, Shlykov SN, Omarov RS. Development and investigation of an innovative technology for turkey breast meat snack with controlled enzymatic hydrolysis. *Agrarno-pishchevye innovacii = Agrarian-and-food innovations*. 2025;32(4):80-90. (In Russ.). <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2025-32-80-90>.

Резюме

Цель. Разработать рецептуру и технологию производства мясной закуски на основе филе грудки индейки с контролируемым двухступенчатым ферментативным гидролизом, направленную на увеличение доли низкомолекулярных пептидов при сохранении традиционной «жёвачной» текстуры и потребительских свойств; выполнить пилотную отработку трёх рецептурных и трёх термических вариантов и выбрать оптимальный режим для дальнейшей валидации.

Материалы и методы. Исходная опытная партия – филе грудки индейки (10 кг), нарезанное слайсами 5-7 мм. Рассол: деминерализованная вода с NaCl (1,5%), натриевый цитрат (0,2%) и сахар (0,5%); выдержка при 4°C 30-45 мин. Двухступенчатый ферментативный гидролиз: Alcalase® – 3,0% (эндопротеаза) и Flavourzyme® – 0,75% (смесь эндо-/экзопептидаз), pH = 7,8-8,0, t = 50°C, 90 мин; остановка гидролиза – термическая инактивация в варьируемых режимах. После гидролиза – гравитационный слив на сетке, предсушка – 45-50°C, сушка в термодымовой камере по отработанному режиму. Аналитика: Кильдаль (общий белок), OPA (DH), RP-HPLC и Tricine-SDS-PAGE (пептидный профиль), влажность (гравиметрия), aw (AquaLab), TPA (двойная компрессия), TBARS, TVB-N, микробиология (TVC, Salmonella, Listeria по ГОСТ), сенсорные тесты (обученная панель). Выполнены пилотные прогоны трёх тепловых режимов (мягкий / оптимальный / агрессивный) и трёх рецептур (A, B, C).

Результаты. По совокупности технологических и качественных критериев выбран и рекомендован к валидации вариант В с режимом: предсушка – 45-50°C × 20-25 мин → инактивация ферментов – 85°C × 30-45 с (альтернатива – 80°C × 90-120 с) → основная сушка – 65-70°C × 60-75 мин → доводка – 60-62°C × 20-30 мин (общее время ≈2,5-3,0 ч). Пилотные средние показатели по рецептограммам: DH (OPA) – A: 6,2%; B: 12,4%; C: 22,7%; доля фракций <1 kDa (HPLC) – A: 8%; B: 26%; C: 54%; in vitro усвояемость – A: 78%; B: 91%; C: 95%; сенсорная оценка (общая, 9-балльная) – A: 6,8; B: 8,2; C: 5,4; горечь (0-5) – A: 0,6; B: 1,1; C: 3,6; TPA (жевательная способность) – A: 42 у.е.; B: 38 у.е.; C: 25 у.е.; aw – A: 0,68; B: 0,66; C: 0,65; TVC (КОЕ/г) – A: 3×10²; B: 2×10²; C: 1×10²; конечная влажность – A: 17,8%; B: 16,2%; C: 15,4%. Инструментальные данные (OPA, HPLC, Tricine-SDS-PAGE) и TPA согласуются с сенсорикой: вариант В обеспечивает целевой баланс функциональности (значимая доля пептидов <1 kDa) и приемлемую текстуру и вкус.

Заключение. Вариант В признан оптимальным для дальнейшей валидации и масштабирования: он обеспечивает требуемый компромисс между повышением доли низкомолекулярных пептидов и сохранением органолептических и микробиологических показателей в пределах нормативов при укладывании производственного цикла в рамки 3-4 ч. Рекомендуются следующие этапы дальнейшей работы: три контрольных прогона валидации с полным набором измерений, LC-MS идентификация ключевых пептидов, углублённые сенсорные испытания с репрезентативной выборкой и длительные испытания shelf-life; при положительных результатах – масштабирование и регламентирование технологического процесса.

Ключевые слова: индейка, джерки, ферментативный гидролиз, пептидный профиль, сушка, TPA, OPA, стабильность

Abstract

Purpose. To develop a formulation and technology for a turkey-breast-based meat snack employing controlled two-step enzymatic hydrolysis, aimed at increasing the fraction of low-molecular-weight peptides while preserving the characteristic chewable texture and consumer acceptability; to perform pilot evaluation of three formulation variants and three thermal regimes and to select the optimal processing schedule for subsequent validation. After hydrolysis – gravity drainage on a grid, pre-drying – 45-50°C, drying in a thermo-smoke chamber according to the established mode.

Materials and Methods. An experimental batch of turkey breast fillet (10 kg) was used; slices 5-7 mm thick were pre-pared. Brining was performed in demineralized water with NaCl (1.5 %), sodium citrate (0.2 %) and sugar (0.5 %) at 4 °C for 30-45 min. Enzymatic hydrolysis was carried out in two stages: Alcalase® (3.0 % w/w, endoprotease) and Flavourzyme® (0.75 % w/w, mixed endo / exopeptidase), pH = 7.8-8.0, t = 50 °C, 90 min; the reaction was stopped by thermal inactivation under the selected regimes. Analytical methods: Kjeldahl (protein), OPA assay for degree of hy-

*drolysis (DH), RP-HPLC and Tricine-SDS-PAGE (peptide profiling), gravimetric moisture determination, aw (AquaLab), TPA (double compression), TBARS, TVB-N and microbiology (TVC; *Salmonella; Listeria* per relevant GOST / ISO standards), sensory tests (trained panel). Pilot runs of three thermal regimes (mild / optimal / aggressive) and three recipes (A, B, C) were performed.*

Results. Based on combined technological and quality criteria, Variant B was selected for validation: pre-drying 45-50 °C × 20-25 min → enzyme inactivation 85 °C × 30-45 s (alternative: 80 °C × 90-120 s) → main drying 65-70 °C × 60-75 min → final equilibration 60-62 °C × 20-30 min (total time ≈ 2.5-3.0 h). Pilot mean values for the formulations were: DH (OPA) – A: 6.2 %, B: 12.4 %, C: 22.7 %; fraction < 1 kDa (HPLC) – A: 8 %, B: 26 %, C: 54 %; in vitro digestibility – A: 78 %, B: 91 %, C: 95 %; overall sensory score (9-point) – A: 6.8; B: 8.2; C: 5.4; bitterness (0-5) – A: 0.6; B: 1.1; C: 3.6; TPA (chewiness, arbitrary units) – A: 42; B: 38; C: 25; aw – A: 0.68; B: 0.66; C: 0.65; TVC (CFU / g) – A: 3×10²; B: 2×10²; C: 1×10²; final moisture – A: 17.8 %; B: 16.2 %; C: 15.4 %. Instrumental (OPA, HPLC, Tricine-SDS-PAGE) and TPA corroborate sensory results: variant B provides the target balance of functionality (significant proportion of peptides < 1 kDa) and acceptable texture and taste.

Conclusions. Variant B was recognized as optimal for further validation and scaling: it provides the required compromise between increasing the proportion of low-molecular-weight peptides and maintaining organoleptic and microbiological indicators within the standards while keeping the production cycle within 3-4 hours. The following steps are recommended for further work: three control validation runs with full set of measurements, LC-MS identification of key peptides, in-depth sensory testing with a representative sample, and long-term shelf-life testing; scaling and regulation of the technological process upon obtaining positive results.

Keywords: turkey, jerky, enzymatic hydrolysis, peptide profile, drying, TPA, OPA, stability

Введение. Рост потребительского спроса на удобные высокобелковые и функциональные пищевые продукты обусловил активное развитие рынка мясных закусок (джерки, слайсы и пр.), для которых ключевыми технологическими задачами остаются обеспечение микробиологической безопасности, сохранение желаемой текстуры и минимизация потерь питательных и функциональных свойств при сушке и термообработке [1-3]. Одновременно современная научная парадигма направлена на создание «функционализированных» мясных продуктов, обогащённых биологически активными пептидами, получаемыми посредством контролируемого ферментативного гидролиза белков [4-5]. Пептиды, выделяемые из мясных белков и побочных продуктов переработки, демонстрируют широкую палитру биоактивности – антиоксидантную, антигипертензивную, антимикробную и иные эффекты, что делает их перспективными для повышения пищевой ценности закусочных продуктов [6-7].

Технологически к получению целевых пептидов в составе цельного мясного продукта предъявляются специальные требования: необходимо обеспечить управляемую степень гидролиза (DH) без критического ухудшения текстуры и вкусовых свойств; особенно важна минимизация горечи и побочных продуктов реакций Майяра при последующей сушке и термообработке [8-12]. Практически оправданным подходом признана двухступенчатая ферментативная обработка (эндо-протеазы → экзо-/пептидазы), например, комбинация Alcalase и Flavourzyme, позволяющая получать высокий выход низкомолекулярных пептидов при контролируемом DH и приемлемой органолептике [13-14]. Для оперативного мониторинга степени гидролиза и контроля технологического процесса в производственных условиях предпочтителен метод ОРА (о-фталальдегид), обеспечивающий быстрые и воспроизводимые измерения первичных аминогрупп и аппроксимацию DH [15-16].

Настоящее исследование направлено на разработку рецептуры и технологической схемы производства мясной закуски на основе филе грудки индейки с применением контролируемого двухступенчатого ферментативного гидролиза, создание опытного образца и комплексную оценку его технологических, микробиологических и сенсорных характеристик с целью определения оптимального баланса между функциональностью (доля биоактивных пептидов) и потребительскими свойствами.

Материалы и методы. В качестве исходного сырья использовали филе грудки индейки (опытная партия 10 кг), нарезанное слайсами толщиной 5-7 мм. Гидратация и кондиционирование проводились в деминерализованной воде с добавлением NaCl (1,5 %), цитрата натрия (0,2 %) и сахара (0,5 %); соотношение мясо:рассол составляло 10:6 (м/м). Выдержка осуществлялась при 4 °C в течение 30-45 мин для выравнивания pH и ионной силы среды.

Ферментативный гидролиз

Цель – получение гидролизата с преобладанием низкомолекулярных пептидов и мягкой текстуры. Процесс включал две стадии:

1. **Alcalase®** (3,0% от массы сырья, эндопротеаза, субтилизиноподобная сериновая пептидаза, Novozymes, Дания); pH = 7,8-8,0; t = 50°C; 90 мин;
2. **Flavourzyme®** (0,75% от массы сырья, смесь эндо- и экзопептидаз, Novozymes, Дания); pH = 7,8-8,0; t = 50°C; 90 мин.

Степень гидролиза (DH) контролировалась методом ОРА (о-фталальдегид) по Nielsen et al. (2001). После гидролиза ферменты инактивировали термически при 85°C × 60 с.

Постобработка и сушка

Слайсы филе размещались на нержавеющих сетках в один слой (зазор \geq 8-12 мм). Свободный рассол удалялся гравитационно 2-6 мин. Предсушка проводилась при 45-50°C и скорости вентиляции 90% в течение 20-30 мин. Основная сушка осуществлялась при 60-65°C до достижения конечной влажности 15-18% и активности воды aw \leq 0,67. Готовый продукт охлаждался и упаковывался в вакуумную упаковку.

Аналитические методы

Аналитический контроль включал определение общего содержания белка методом Кье-льдаля (ГОСТ 25011-2016), степени гидролиза (DH) по методу ОРА при 340 нм, а также анализ пептидного профиля с использованием RP-HPLC (C18, 214 нм) и Tricine-SDS-PAGE. Влажность определяли гравиметрическим методом, активность воды (aw) на приборе AquaLab (METER Group Inc., Pullman, Washington США). Текстурные характеристики (TPA) оценивали методом двойной компрессии (зонд – Ø 25 мм, скорость – 1 $\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$, деформация – 40-50%), фиксируя жёсткость, жевательную способность, когезию и упругость. Микробиологический контроль осуществляли по показателям общего количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (TVC, ГОСТ 10444.15-94), содержания дрожжей и плесеней (ГОСТ ISO 21527-2-2013), наличия *Salmonella* (ГОСТ ISO 6579-1-2020) и *Listeria monocytogenes* (ГОСТ ISO 11290-1-2017). Окислительную стабильность оценивали по показателю TBARS, степень свежести по TVB-N.

Испытания стабильности (ASLT)

Срок хранения оценивали при +25, +37 и +45°C с контролем точек 0, 7, 14 и 30 суток. Контролировались влажность, aw, TVC, TBARS и сенсорные показатели.

Пилотное сенсорное исследование

Проводилось по рандомизированной кроссовер-схеме (опытный образец – vs, контроль – без гидролиза); выборка – n = 30 здоровых добровольцев (статистический показатель – 0,8

при $d \approx 0,6$). Оценка включала 9-балльную шкалу общей приятности и VAS для горечи, солёности, жевательной способности и послевкусия.

Статистическая обработка

Данные обрабатывали в SPSS: проверка нормальности – тест Shapiro-Wilk; парные сравнения – t-тест или критерий Вилкоксона; повторные измерения – RM-ANOVA с поправкой Бонферрони. Значимость различий принимали при $p < 0,05$; измерения проводились минимум в тройной повторности.

Результаты и обсуждение. Для обеспечения оптимального баланса функциональных свойств и потребительских характеристик были разработаны и экспериментально оценены три рецептурных варианта мясной закуски на основе филе грудки индейки, различающихся дозировкой протеаз (Alcalase/Flavourzyme), условиями гидролиза и ожидаемой степенью образования низкомолекулярных пептидов. Все рецептуры рассчитаны для опытной партии 10 кг; целевой диапазон конечной влажности и активности воды для всех вариантов – 15–18% и $aw \leq 0,67$ соответственно. Представленная в таблице 1 сопоставительная характеристика компонентов и технологических параметров служит основой для выбора дальнейших технологических режимов и критериев оценки качества. Целью разработки являлось получение продукта с повышенной долей низкомолекулярных пептидов при сохранении традиционной «жевательной» текстуры и органолептики.

Таблица 1. Основные компоненты и ориентировочные дозировки

Table 1. Principal components and indicative dosages

Компонент <i>Component</i>	Вариант <i>Variant</i>		
	A	B	C
Филе грудки индейки, г <i>Turkey breast fillet, g</i>	10 000	10 000	10 000
Вода (рассол/буфер), г <i>Water (brine / buffer), g</i>	6 000	6 000	6 000
NaCl, г / g	150	150	150
Цитрат натрия, г <i>Sodium citrate, g</i>	20	20	20
Alcalase®, г / g	100	300	420
Flavourzyme®, г / g	25	75	100
pH гидролиза <i>Hydrolysis pH</i>	7,8-8,0	7,8-8,0	8,0
t гидролиза, °C <i>Hydrolysis temperature, °C</i>	45	50	52
Время гидролиза, мин. <i>Hydrolysis time, min</i>	45	90	120
Целевая влажность готового продукта, % <i>Target moisture content of final product, %</i>	15–18	15–18	15–18
Целевая активность воды (aw) <i>Target water activity (aw)</i>	$\leq 0,70$	$\leq 0,67–0,70$	$\leq 0,65–0,70$

В ходе прикладной оптимизации разработаны три альтернативных варианта тепловой обработки, сформулированных для реализации в термодымовой камере при толщине заготов-

вок 7 мм и ограничении технологического цикла 3-4 часа, реализованных в виде последовательных пилотных прогонов на опытной партии (10 кг). Каждый вариант представляет собой последовательность ключевых стадий – предсушка, кратковременная термическая инактивация, интенсивная основная сушка и доводка – и рассчитан с учётом соотношения конвективной передачи тепла и термической инерции заготовки. Таблица 2 служит оперативным инструментом для сравнения режимов по параметрам температуры, времени, интенсивности вентиляции, ожидаемому общему времени и технологическим рискам; она предназначена для использования на этапе пилотных прогонов и валидации.

Таблица 2. Варианты температурной обработки

Table 2. Variants of thermal processing

Этап <i>Stage</i>	Вариант <i>Variant</i>		
	A	B	C
Предсушка (Т, время, вент.) <i>Pre-drying (T, time, ventilation)</i>	45°C, 25-30 мин / min, 70-80%	45-50°C, 20-25 мин / min, 80-90%	50°C, 10-15 мин / min, 85-95%
Инактивация ферментов (Т, время) <i>Enzyme inactivation (T, time)</i>	80°C, 2-3 мин / min	85°C, 30-45 с / s или 80°C, 90-120 с / s	90°C, 15-30 с / s
Основная сушка (Т, время, вент.) <i>Main drying (T, time, ventilation)</i>	60°C, 90-120 мин / min, 60-70%	65-70°C, 60-75 мин / min, 80-90%	75-80°C, 45-60 мин / min, 85-95%
Доводка (Т, время, вент.) <i>Final equilibration (T, time, ventilation)</i>	60°C, 20-30 мин / min, 40-50%	60-62°C, 20-30 мин / min, 40-60%	60°C, 15-20 мин / min, 0-50%
Общее время <i>Total duration</i>	≈3,5-4,0 ч / h	≈2,5-3,0 ч / h	≈1,5-2,5 ч / h

По результатам пилотных выработок и сравнительной оценки технологических и качественных показателей выбран и рекомендован к дальнейшей валидации Вариант В. Этот выбор основан на достижении целевой конечной влажности 15-18% и активности воды $a_w \leq 0,67$, на соблюдении ограничений по температуре поверхности и центра заготовки, на отсутствии прироста степени гидролиза после этапа инактивации, а также на приемлемых ТРА-параметрах и положительной сенсорной оценке. Рекомендуемый технологический режим Варианта В включает предсушку при 45-50°C в течение 20-25 минут, кратковременную термическую инактивацию ферментов при 85°C в течение 30-45 секунд (в качестве альтернативы при медленном прогреве допускается режим 80°C × 90-120 секунд), основную сушку при 65-70°C в течение 60-75 минут и доводку при 60-62°C в течение 20-30 минут (рисунок 1).

Данный режим обеспечивает требуемый компромисс между скоростью производства и сохранением желаемой жевательной способности при достижении нормативных показателей по влажности и микробиологической безопасности.

В таблице 3 приведены средние пилотные лабораторные показатели, полученные при отработке трёх рецептурных вариантов.

Интеграция инструментальных и сенсорных данных позволила сформулировать однозначные выводы о сравнительной эффективности трёх разработанных рецептур.

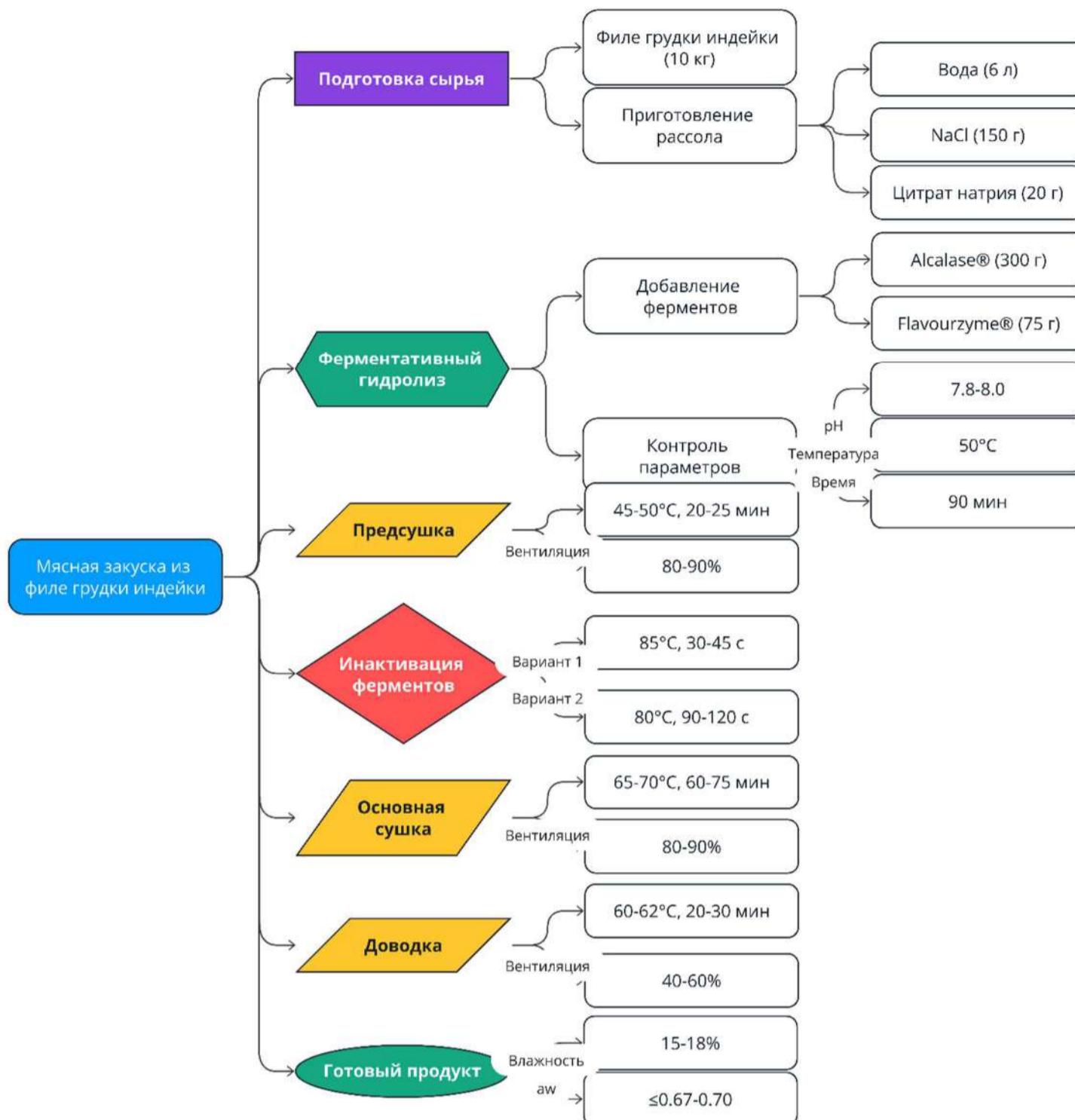


Рисунок 1. Технологическая схема производства мясной закуски из филе грудки индейки
Figure 1. Technological scheme for the production of a turkey breast meat snack

По результатам ОРА-анализа степень гидролиза в варианте В стабилизировалась в целевом диапазоне $\approx 12\text{-}13\%$ и после термической инактивации не регистрировался значимый прирост DH ($\Delta DH \leq 0,5\%$), что свидетельствует об эффективном прекращении ферментативной активности; данные RP-HPLC и Tricine-SDS-PAGE зафиксировали сдвиг молекулярно-массового профиля в сторону низкомолекулярных фракций для варианта В ($\approx 26\%$ фракций $< 1 \text{ kDa}$), тогда как вариант С характеризовался наибольшей степенью гидролиза и доминированием коротких пептидов ($\approx 54\% < 1 \text{ kDa}$), что положительно отразилось на *in vitro*-усвояемости, но сопровождалось выраженной горечью и существенным ухудшением текстуры; вариант А сохранял наилучшую жевательную способность (высокие показатели TPA), однако демонстрировал низкую степень гидролиза и меньшую долю биологически активных фракций. Органолептические измерения и TPA подтверждают, что вариант В обеспечивает оптимальный компромисс между функциональностью и потребительскими свойствами (высшая средняя сенсорная оценка 8,2/9 при приемлемых показателях жевательной способности и жесткости), а микробиологический мониторинг показал соответствие варианта В критериям безопасности после

финальной термообработки при целевых значениях влажности и aw, обеспечивающих ожидаемую устойчивость продукта.

Таблица 3. Средние лабораторные показатели трёх рецептурных вариантов мясной закуски из филе грудки индейки

Table 3. Mean laboratory indicators of three formulation variants of turkey breast-based meat snack

Показатель <i>Indicator</i>	Вариант <i>Variant</i>		
	A	B	C
DH (OPA), %	6,2	12,4	22,7
FAN (mg N/g)	0,45	0,92	1,80
HPLC: доля <1 kDa (%)	8	26	54
Усвоемость in vitro (%) <i>In vitro digestibility (%)</i>	78	91	95
Вкус – общий балл <i>Overall taste score, points</i>	6,8	8,2	5,4
Горечь (0–5) <i>Bitterness (0–5)</i>	0,6	1,1	3,6
TPA – жевательная способность (усл. ед.) <i>Chewiness (arbitrary units)</i>	42	38	25
aw	0,68	0,66	0,65
TVC (КОЕ/г / CFU / g)	3×10^2	2×10^2	1×10^2
Влажность (%) <i>Moisture content (%)</i>	17,8	16,2	15,4

На основании этих результатов вариант В рекомендован для последующей валидации и масштабирования.

Заключение. В результате исследования разработана и оптимизирована технология производства мясной закуски из филе грудки индейки с контролируемым ферментативным гидролизом. Сравнительная оценка трёх вариантов показала, что вариант В обеспечивает оптимальный баланс между степенью гидролиза ($DH \approx 12\text{-}13\%$), текстурой и органолептическими свойствами. Продукт демонстрирует стабильные микробиологические показатели, целевые значения aw ($\leq 0,67$) и влажности (15-18%), что подтверждает его технологическую состоятельность и перспективность для промышленной валидации и масштабирования.

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям (Договор № 236ГССС27/108192, проект «MuscleBite»).

Acknowledgement. This work was supported by the Foundation for Assistance to Innovations (Grant Agreement No. 236ГССС27/108192, project “MuscleBite”).

Список источников

1. Mediani A., Hamezah H.S.H., Jam F.A., Mahadi N.F., Chan S.X.Y., Rohani E.R. A comprehensive review of drying meat products and the associated effects and changes // Frontiers in Nutrition. 2022. Vol. 9. Article number: 1057366. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1057366>.

2. Álvarez S., Álvarez C., Hamill R., Mullen A.M., O'Neill E. Drying dynamics of meat highlighting areas of relevance to dry-aging of beef // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2021. Vol. 20. No. 6. P. 5370-5392. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12845>.
3. Allied Market Research. Meat Snacks Market Size, Share, Trends Analysis Report. Allied Market Research, 2025. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/meat-snacks-market-A05947> (дата обращения: 05.11.2025).
4. López-Pedrouso M., Zaky A.A., Lorenzo J.M., Camiña M., Franco D. A review on bioactive peptides derived from meat and by-products: Extraction methods, biological activities, applications and limitations // Meat Science. 2023. Vol. 204. No. 10. Article number: 109278. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109278>.
5. Arihara K. Bioactivities generated from meat proteins by enzymatic hydrolysis and the Maillard reaction // Meat Science. 2021. Vol. 180. Article number: 108561. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108561>.
6. Xing L., Zhang X., Yu Y. Meat-protein-based bioactive peptides and their potential functional activity: a review // International Journal of Food Science and Technology. 2019. Vol. 54. No. 6. P. 1956-1970. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14404>.
7. Toldrá F., Reig M., Gallego M., Mora L. Bioactive peptides in meat and meat products // Meat and Muscle Biology. 2023. Vol. 7. No. 3. Article number: 16243. <https://doi.org/10.22175/mmb.16243>.
8. Fu Y., Yu H., Zhao Y., Sandahl M., Olsen K., et al. Valorisation of protein hydrolysates from animal by-products: perspectives on bitter taste and debittering methods // International Journal of Food Science and Technology. 2019. Vol. 54. No. 4. P. 978-986. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14037>.
9. Zhang C., Alashi A.M., Singh N., Chelikani P., Aluko R.E. Glycated beef protein hydrolysates as sources of bitter taste modifiers // Nutrients. 2019. Vol. 11. No. 9. Article number: 2166. <https://doi.org/10.3390/nu11092166>.
10. Adler-Nissen J. Enzymic Hydrolysis of Food Proteins. London: Elsevier Applied Science, 1986. URL: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19870419770> (дата обращения: 05.11.2025).
11. Liu B., Li N., Chen F., Zhang J., Sun X., Xu L., Fang F. Review on the release mechanism and debittering technology of bitter peptides from protein hydrolysates // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2022. Vol. 62. No. 3. P. 560-580. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13050>.
12. Bak K.H., Kjelstrup S., Tømmerås T., Andersson L., Jensen S.T., Skibsted L.H. Flavor characterization of animal hydrolysates and their Maillard reaction products // Foods. 2021. Vol. 10. No. 12. Article number: 3008. <https://doi.org/10.3390/foods10123008>.
13. Nielsen P.M., Petersen D., Dambmann C. Improved method for determining food protein degree of hydrolysis // Journal of Food Science. 2001. Vol. 66. No. 5. P. 642-646. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb04614.x>.
14. Kristinsson H.G., Rasco B.A. Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2000. Vol. 40. No. 1. P. 43-81. <https://doi.org/10.1080/10408690091189266>.
15. Church F.C., Swaisgood H.E., Porter D.H., Catignani G.L. Spectrophotometric assay using o-phthaldialdehyde for determination of proteolysis in milk and isolated milk proteins // Journal of Dairy Science. 1983. Vol. 66. No. 6. P. 1219-1227. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)81926-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)81926-2).

16. Rutherford S.M. Methodology for determining degree of hydrolysis of proteins in hydrolysates: a review // *Journal of AOAC International*. 2010. Vol. 93. No. 5. P. 1515-1522. <https://doi.org/10.1093/jaoac/93.5.1515>.

References

1. Mediani A, Hamezah HSH, Jam FA, Mahadi NF, Chan SXY, Rohani ER, et al. A comprehensive review of drying meat products and the associated effects and changes. *Front Nutr.* 2022;(9):1057366. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1057366>.
2. Álvarez S, Álvarez C, Hamill R, Mullen AM, O'Neill E. Drying dynamics of meat highlighting areas of relevance to dry-aging of beef. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2021;20(6):5370-5392. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12845>.
3. Allied Market Research. Meat Snacks Market Size, Share, Trends Analysis Report. *Allied Market Research*. Available from: <https://www.alliedmarketresearch.com/meat-snacks-market-A05947> (accessed: 05.11.2025).
4. López-Pedrouso M, Zaky AA, Lorenzo JM, Camiña M, Franco D. A review on bioactive peptides derived from meat and by-products: Extraction methods, biological activities, applications and limitations. *Meat Sci.* 2023;204(10):109278. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109278>.
5. Arihara K. Bioactivities generated from meat proteins by enzymatic hydrolysis and the Maillard reaction. *Meat Sci.* 2021;(180):108561. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108561>.
6. Xing L, Zhang X, Yu Y. Meat-protein-based bioactive peptides and their potential functional activity: a review. *Int J Food Sci Technol.* 2019;54(6):1956-1970. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14404>.
7. Toldrá F, Reig M, Gallego M, Mora L. Bioactive peptides in meat and meat products. *Meat Muscle Biol.* 2023;7(3):16243. <https://doi.org/10.22175/mmb.16243>.
8. Fu Y, Yu H, Zhao Y, Sandahl M, Olsen K, et al. Valorisation of protein hydrolysates from animal by-products: perspectives on bitter taste and debittering methods. *Int J Food Sci Technol.* 2019;54(4):978-986. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14037>.
9. Zhang C, Alashi AM, Singh N, Chelikani P, Aluko RE. Glycated beef protein hydrolysates as sources of bitter taste modifiers. *Nutrients.* 2019;11(9):2166. <https://doi.org/10.3390/nu11092166>.
10. Adler-Nissen J. Enzymic Hydrolysis of Food Proteins. London: Elsevier Applied Science; 1986. Available from: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19870419770> (accessed: 05.11.2025).
11. Liu B, Li N, Chen F, Zhang J, Sun X, Xu L, Fang F. Review on the release mechanism and debittering technology of bitter peptides from protein hydrolysates. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2022;62(3):560-580. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13050>.
12. Bak KH, Kjelstrup S, Tømmerås T, Andersson L, Jensen ST, Skibsted LH. Flavor Characterization of Animal Hydrolysates and Their Maillard Reaction Products. *Foods.* 2021;10(12):3008. <https://doi.org/10.3390/foods10123008>.
13. Nielsen PM, Petersen D, Dambmann C. Improved method for determining food protein degree of hydrolysis. *J Food Sci.* 2001;66(5):642-646. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb04614.x>.
14. Kristinsson HG, Rasco BA. Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2000;40(1):43-81. <https://doi.org/10.1080/10408690091189266>.

15. Church FC, Swaisgood HE, Porter DH, Catignani GL. Spectrophotometric assay using o-phthaldialdehyde for determination of proteolysis in milk and isolated milk proteins. *J Dairy Sci.* 1983;66(6):1219-1227. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)81926-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)81926-2).
16. Rutherford SM. Methodology for determining degree of hydrolysis of proteins in hydrolysates: a review. *J AOAC Int.* 2010;93(5):1515-1522. <https://doi.org/10.1093/jaoac/93.5.1515>.

Вклад авторов: Все авторы принимали участие в подготовке, проведении исследования и анализе его результатов. Представленный вариант статьи согласован со всеми авторами.

Contribution of the authors: All authors took part in the preparation, conduction of the study and analysis of its results. The presented version of the article was agreed with all authors.

Конфликт интересов. Все авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. All authors declared no conflicts of interest.

Информация об авторах (за исключением контактного лица):

Кухтарева Полина Андреевна – студент, кафедра технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Ставропольский государственный аграрный университет; 355035, Россия, Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12; e-mail: tppshp@stgau.ru;

Омаров Руслан Сафербекович – доцент кафедры, кафедра технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Ставропольский государственный аграрный университет; 355035, Россия, Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12; e-mail: dooctor@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7352-636X>.

Information about the authors (excluding the contact person):

Polina A. Kukhtareva – Student, Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Stavropol State Agrarian University; 12, Zootehnicheskij lane, Stavropol, 355035, Russian Federation; e-mail: tppshp@stgau.ru;

Ruslan S. Omarov – Associate Professor of the Department, Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Stavropol State Agrarian University; 12, Zootehnicheskij lane, Stavropol, 355035, Russian Federation; e-mail: dooctor@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7352-636X>.

Статья поступила в редакцию / *The article was submitted*: 07.11.2025;
одобрена после рецензирования / *approved after reviewing*: 05.12.2025;
принята к публикации / *accepted for publication*: 08.12.2025