

Оптимизация технологических параметров биомодификации свойств мяса страуса с применением коллагеназы

В. С. Колодязная^{id}, И. А. Шестопалова*^{id}, Е. И. Кипрушкина^{id},
Е. А. Рогозина^{id}, О. В. Головинская^{id}

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»,
197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49

Дата поступления в редакцию: 06.06.2018

197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49

Дата принятия в печать: 28.12.2018

*e-mail: irina_1_83@mail.ru



© В. С. Колодязная, И. А. Шестопалова, Е. И. Кипрушкина, Е. А. Рогозина, О. В. Головинская, 2018

Аннотация. Отечественный и мировой опыт свидетельствуют о целесообразности применения ферментных препаратов для биомодификации свойств сырья с высоким содержанием соединительной ткани в мясной промышленности, в частности при производстве рубленых полуфабрикатов, деликатесных и колбасных изделий. Мясо страуса является перспективным сырьем для создания функциональных продуктов питания, т.к. отличается повышенным содержанием полноценного белка, пониженным – холестерина, содержит селен, магний, фосфор, витамины группы В. Однако значительное количество соединительной ткани обуславливает его жесткость. Применение коллагеназы улучшает функционально-технологические свойства фарша, а также выход готового продукта. Цель работы – оптимизировать технологические параметры ферментирования фарша из бедренной части мяса страуса с применением метода планирования многофакторных экспериментов. Объектом исследования выбрано мясо бедренной части страуса, выращенного на территории Ленинградской области. Для оптимизации технологических параметров ферментирования фарша с применением коллагеназы использовали метод дробных реплик при изучении влияния на функции отклика трех факторов: массовой доли коллагеназы (C , кодированная переменная X_1), продолжительности (τ , кодированная переменная X_2) и температуры выдержки фарша (t , кодированная переменная X_3). Функциями отклика выбраны значения влагоудерживающей способности (Y_1) и содержание аминного азота (Y_2). Параметры ферментирования фарша на основном уровне и интервал варьирования приняты следующие: $C_0 = 0,04\%$, $\Delta C = 0,02\%$; $\tau_0 = 4$ ч, $\Delta \tau = 2$ ч; $t_0 = 12$ °С, $\Delta t = 7$. Составлены матрица планирования эксперимента и уравнения регрессии, адекватно описывающие изучаемый процесс. Предложены оптимальные технологические параметры ферментирования фарша на основе мяса страуса с применением коллагеназы: массовая доля коллагеназы 0,05 %, продолжительность выдержки фарша 4,5 ч при $t = 13$ °С. Эти параметры позволяют получить фарш с высокими органолептическими показателями и функционально-технологическими свойствами, по сравнению с контрольным образцом. Полученный ферментированный фарш при выбранных режимах рекомендуется использовать в технологии рубленых полуфабрикатов, вареных колбасных изделий, фаршевых мясорастительных консервах.

Ключевые слова. Оптимизация, коллагеназа, мясо страуса, технологические параметры, уравнения регрессии

Для цитирования: Оптимизация технологических параметров биомодификации свойств мяса страуса с применением коллагеназы / В. С. Колодязная, И. А. Шестопалова, Е. И. Кипрушкин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-22-29>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/>

Biomodification of Ostrich Meat Properties with Collagenase: Optimization of Technological Parameters

V.S. Kolodyaznaya^{id}, I.A. Shestopalova*^{id}, E.I. Kiprushkina^{id},
E.A. Rogozina^{id}, O.V. Golovinskaia^{id}

Saint Petersburg National Research University of
Information Technologies, Mechanics and Optics,
49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia

Received: June 06, 2018

Accepted: December 28, 2018

*e-mail: irina_1_83@mail.ru



© V.S. Kolodyaznaya, I.A. Shestopalova, E.I. Kiprushkina, E.A. Rogozina, O.V. Golovinskaia, 2018

Abstract. Domestic and international experience confirm the expediency of enzymes in meat industry. Enzymes are used for biomodification proposes when it goes about raw materials with the high-content of connective tissue, e.g. chopped

semi-finished products, delicatessen, sausages, etc. Ostrich meat is an advantageous source of functional food products due to its high content of native protein, selenium, magnesium, phosphorus, and group B vitamins and low contents of cholesterol. However, a significant amount of connective tissue makes it rigid. Application of collagenase improves the functional and technological properties of minced meat and product yield. The purpose of the present research was to optimize the technological parameters of fermented ostrich minced meat by the method of multifactorial experiment planning. The ostrich thighs parts were produced on the territory of the Leningrad Region. The authors used the fractional factorial experiment to study the influence of three factors on response functions: the mass fraction of collagenase (C, the coded variable X_1), the holding time (τ , the coded variable X_2), and the holding temperature (t, the coded variable X_3). The values of moisture-holding ability (Y_1) and the content of amino nitrogen (Y_2) were chosen as response functions. The study had the following parameters of fermentation at the main level and the interval of variation: $C_0 = 0,04\%$, $\Delta C = 0,02\%$; $\tau_0 = 4$ ч, $\Delta\tau = 2$ ч; $t_0 = 12^\circ\text{C}$, $\Delta t = 7^\circ\text{C}$. The experiment resulted in a matrix of experiment planning and several regression equations, which describe the process in question. The study revealed the optimal technological parameters of minced meat fermentation with collagenase: mass fraction of collagenase was 0.05% while the duration of exposure of minced meat was 4.5 hours at $t = 13^\circ\text{C}$. These technological parameters allowed the authors to obtain minced meat with better organoleptic characteristics and functional and technological properties in comparison with those of the control sample. The obtained fermented minced meat and the selected regimes are recommended for chopped semi-finished products, cooked sausages, and meat-vegetable canned foods.

Keywords. Optimization, collagenase, ostrich meat, technological parameters, regression equation

For citation: Kolodyaznaya V.S., Shestopalova I.A., Kiprushkina E.I., Rogozina E.A., and Golovinskaia O.V. Biomodification of Ostrich Meat Properties with Collagenase: Optimization of Technological Parameters. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4 pp. 22–29. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-22-29>.

Введение

Структура питания большинства населения Российской Федерации не соответствует концепции сбалансированного питания, о чем свидетельствуют систематические исследования, проводимые институтом питания РАМН. В связи с этим целесообразным является разработка функциональных пищевых продуктов массового потребления на основе нетрадиционных источников мясного сырья отечественного производства, обладающего высокой пищевой и биологической ценностью [1–4].

Российское фермерское страусоводство является относительно молодой и динамично развивающейся отраслью сельского хозяйства. Многие страусиные фермы расположены на территории Российской Федерации, например, в Ленинградской, Московской, Краснодарской областях, Владимире, Вологде, Брянске, Тольятти, Ростове, Челябинске и других городах. Большой интерес к выращиванию страусов обусловлен их высокой продуктивностью, чем у других сельскохозяйственных животных (годовая продуктивность одной самки страуса в среднем в 5 раз превосходит продуктивность мясной коровы); широким ассортиментом продукции страусоводства (мясо, субпродукты, яйца, жир, кожа, перья); хорошей адаптацией к новым условиям окружающей среды; рационом питания, состоящим из обычных для нашей страны сельскохозяйственных культур, таких как, овощи, зерновые, комбикорма, зелень полевых растений. Следует отметить, что мясо страуса является диетическим, не имеет религиозных и национальных ограничений [5–8].

В таблицах 1–4 представлены основные компоненты химического состава, содержание аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов охлажденного мяса страуса, используемого для ферментирования.

Как следует из представленных в таблицах данных, мясо страуса отличается повышенным содержанием полноценного белка, витаминов группы В, селена, магния, калия и фосфора.

Однако значительное количество соединительной ткани обуславливает жесткость мяса страуса и снижает его усвояемость, для повышения которой целесообразно использовать биомодификацию свойств мясного сырья.

Биотехнологические методы обработки пищевого сырья с повышенным содержанием соединительной ткани основаны на применении ферментов растительного, животного и микробиологического происхождения. Отечественный и мировой опыт свидетельствует о целесообразности применения ферментных препаратов для биомодификации свойств сырья с высоким содержанием соединительной ткани в мясной промышленности, в частности

Таблица 1 – Основные компоненты химического состава мяса птицы

Table 1 – The main components of the chemical composition of poultry meat (ostrich, chicken, and turkey)

Вид мяса	Содержание, %			Энергетическая ценность, ккал/кДж
	Влага	Белок	Жир	
Мясо страуса*	75,1	22,0	1,0	97/406
Мясо цыплят-бройлеров**	75,3	20,6	2,6	106/444
Мясо индейки**	74,1	21,6	2,1	105/440

* – результаты собственных исследований

** – по данным работы [5]

* – according to this research

** – according to [5]

Таблица 2 – Аминокислотный состав белков мяса страуса [5]

Table 2 – Amino acid composition of ostrich meat proteins [5]

Незаменимые аминокислоты	Содержание		Аминокислотный скор, %
	г/100 г мяса	мг/г белка	
Валин	1,20	53,0	106
Лейцин	1,96	87,0	124
Изолейцин	1,00	44,0	110
Лизин	2,00	90,0	164
Метионин + цистин	0,95	42,0	120
Треонин	1,15	51,0	128
Триптофан	0,23	10,2	102
Фенилаланин + тирозин	1,82	81,0	135
Заменяемые аминокислоты	Содержание		
	г/100 г мяса	мг/г белка	
Аланин	1,35	60,0	
Аргинин	1,40	62,0	
Гистидин	0,50	22,0	
Серин	0,95	42,0	
Аспарагиновая кислота	2,20	98,0	
Глутаминовая кислота	3,35	149,0	
Глицин	1,37	61,0	
Пролин	1,10	49,0	

Таблица 3 – Витаминный состав мяса птицы [5]

Table 3 – Vitamin composition of poultry meat (ostrich, chicken, and turkey) [5]

Вид мяса	Содержание, мг/100 г мяса						
	V ₁	V ₂	PP	V ₅	V ₆	V ₉ , мкг	V ₁₂ , мкг
Мясо страуса	0,55	0,48	2,97	1,1	0,53	5,5	0,65
Мясо цыплят-бройлеров	0,09	0,15	6,1	0,79	0,51	3,3	0,42
Мясо индейки	0,05	0,22	7,8	0,65	0,33	9,6	–

при производстве рубленых полуфабрикатов, деликатесных и колбасных изделий, вместо энергоемких способов обработки, таких как тумблирование и массирование [9–17].

Применение коллагеназы, обладающей протеолитической активностью и субстратной специфичностью к расщеплению коллагена соединительной ткани, значительно улучшает функционально-технологические свойства и выход готового продукта за счет конверсии структуры белков и трансформации свойств. Применение коллагеназы для обработки сырья с повышенным содержанием соединительной ткани увеличивает содержание свободных аминокислот и небелковых азотистых соединений, которые при тепловой обработке превращаются в летучие соединения, участвующие в формировании мясного вкуса и аромата [18–20].

Следует отметить, что ферментированное мясо страуса можно использовать для создания функциональных продуктов питания с целью повышения усвояемости белков соединительной ткани и профилактики алиментарно-зависимых

Таблица 4 – Минеральный состав мяса птицы [5]

Table 4 – The mineral composition of poultry meat (ostrich, chicken, and turkey) [5]

Вид мяса	Содержание, мг/100 г мяса							
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Se
Мясо страуса	55	320	10,0	17	249	4,4	2,40	0,024
Мясо цыплят-бройлеров	88	325	9,0	28	200	1,2	2,13	0,014–0,022
Мясо индейки	86	285	18,8	23	227	1,4	2,45	–

Таблица 5 – Характеристика коллагеназы

Table 5 – Characteristics of collagenase

Наименование показателей	Характеристика и норма	Результаты контроля
Внешний вид	Тонкодисперсный порошок	Тонкодисперсный порошок
Цвет	От светло-серого до светло-коричневого	Серый
Запах	Специфический, свойственный данному виду продукта	Соответствует
Остаточная влажность, %, не более	10,0	7,3
Показатель активности водородных ионов (рН) 1 % водного раствора	6,0–8,5	6,5
Протеолитическая активность, ПЕ/мг препарата, не менее	80,0	130,0
Содержание белка, %, не более	60,0	70,0

заболеваний людей с пониженной активностью протеолитических ферментов желудочно-кишечного тракта.

Цель работы – оптимизировать технологические параметры ферментирования фарша из бедренной части мяса страуса с применением метода планирования многофакторных экспериментов.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования выбрано мясо бедренной части страуса, выращенного на территории Ленинградской области (пос. Белоостров).

Убой и обескровливание птицы производили без предварительного электроглушения. Затем тушку птицы шпарили, вручную снимали оперение и потрошили. Чтобы избежать микробиологической порчи, поверхность тушки после потрошения обрабатывали 1 % раствором уксусной кислоты. После обвалки мясо бедренной части страуса охлаждали до температуры в центре $2 \pm 2^\circ\text{C}$.

Таблица 6 – Матрица планирования и результаты эксперимента

Table 6 – The planning matrix and experimental results

№ опыта	X ₁	C, %	X ₂	τ, ч	X ₃	t, °C	X ₁ X ₂	y ₁	y ₂	\bar{Y}_1	y ₂	y ₂	\bar{Y}_2	S ₁ ²	S ₂ ²
1	-1	0,02	-1	2	+1	19	+1	91,9	92,1	92,0	0,46	0,50	0,48	0,02	0,0010
2	+1	0,06	-1	2	-1	5	-1	89,8	90,4	90,1	0,51	0,53	0,52	0,18	0,0002
3	-1	0,02	+1	6	-1	5	-1	87,1	87,5	87,3	0,77	0,81	0,79	0,08	0,0010
4	+1	0,06	+1	6	+1	19	+1	82,7	83,3	81,0	0,95	0,99	0,97	0,18	0,0010
5	0	0,04	0	4	0	12	0	87,3	87,7	87,5	0,60	0,64	0,62	0,08	0,0020

Для исследования использовали мясное сырье со значениями рН и влагоудерживающей способности 6,2 и 92,4 %.

В качестве ферментного препарата использовали коллагеназу (ТУ 9154-032-11734126-10), полученную из гепатопанкреаса камчатского краба, характеристика которой представлена в таблице 5.

Содержание аминного азота определяли методом формольного титрования, влагоудерживающую способность – методом прессования, значение рН – потенциометрическим методом, содержание белка – методом Кьельдаля, содержание жира – методом Сокслета по стандартным методикам, изложенным в работе [21].

Для оптимизации технологических параметров ферментирования фарша из мяса страуса с применением коллагеназы при изучении влияния на функции отклика трех факторов (n) использовали метод дробных реплик, который позволяет изучить одновременное воздействие на процесс нескольких факторов при проведении сравнительно небольшого числа опытов N (N = 2ⁿ⁻¹); обнаружить эффект взаимодействия факторов при совместном их влиянии; построить математическое описание изучаемого процесса (математическую модель), позволяющее оптимизировать выходной параметр без проведения дополнительных экспериментов [22].

Определяли влагоудерживающую способность и содержание аминного азота в зависимости от массовой доли вносимой коллагеназы, продолжительности и температуры выдержки фарша с целью оптимизации технологических параметров применения коллагеназы в фарше, а также органолептические показатели (цвет, консистенция, внешний вид, запах).

Результаты и их обсуждение

В процессе оптимизации технологических параметров биомодификации свойств мяса страуса исследовали влияние массовой доли коллагеназы (C, кодированная переменная X₁), продолжительности выдержки (τ, кодированная

переменная X₂) и температуры выдержки (t, кодированная переменная X₃) на изменение влагоудерживающей способности и содержания аминного азота, выбранные в качестве функций отклика (Y₁) и (Y₂).

Параметры ферментирования фарша на основном уровне и интервал варьирования приняты следующие: C₀ = 0,04 %, ΔC = 0,02 %; τ₀ = 4 ч, Δτ = 2 ч; t₀ = 12 °C, Δt = 7 °C.

Составлена матрица планирования эксперимента методом дробных реплик, представленная в таблице 6.

Кодированные переменные варьировали на двух уровнях – верхнем (+1) и нижнем (-1) и определяли по формулам:

$$X_1 = \frac{C - C_0}{\Delta C}; X_2 = \frac{\tau - \tau_0}{\Delta \tau}; X_3 = \frac{t - t_0}{\Delta t}. \quad (1)$$

Для проверки воспроизводимости опытов определены: среднее арифметическое значение функции отклика влагоудерживающей способности и содержание аминного азота – \bar{Y}_1 и \bar{Y}_2 , оценка дисперсии для каждой серии параллельных опытов S₁² и S₂² (табл. 6); критерий Кохрена (G_p), представляющий собой отношение наибольшей из оценок дисперсий к сумме всех оценок дисперсий.

Опыты по определению влагоудерживающей способности (y₁) и содержания аминного азота (y₂) проведены при одинаковых условиях в двукратной повторности (K = 2).

Расчетные значения критерия Кохрена (G_{p1} и G_{p2}) определены при общем количестве оценок дисперсий $\sum S_1^2 = 0,46$ и $\sum S_2^2 = 0,0032$ и числе степеней свободы f = K – 1. Табличное значение критерия Кохрена (G_{табл} = 0,907) найдено при доверительной вероятности 0,95 и f = 1.

Так как G_{p1} = 0,39 и G_{p2} = 0,31 меньше G_{табл}, то опыты воспроизводимы, а оценки дисперсий – однородны.

Для оптимизации технологических параметров ферментирования мясного сырья использовали уравнение регрессии следующего вида:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3, \quad (2)$$

где Y – функция отклика; b₀, b₁, b₂, b₃, b₁₂, b₁₃, b₂₃, b₁₂₃ – коэффициенты регрессии.

Рассчитаны коэффициенты регрессии:

– для влагоудерживающей способности b₀ = 88,1, b₁ = -1,55, b₂ = -2,95, b₃ = -0,6;

– для содержания аминного азота: b₀ = 0,69, b₁ = 0,06, b₂ = 0,19, b₃ = 0,04.

Для произведения X₁X₂ и фактора X₃ столбцы совпадают, поэтому коэффициенты b₁₂ и b₃ не могут быть определены в отдельности.

Коэффициенты b_{13} , b_{123} , b_{23} не значимы.

Для подтверждения адекватности полученного уравнения изучаемому процессу проведен статистический анализ значимости коэффициентов регрессии и определена проверка адекватности уравнения регрессии.

Вычислена погрешность экспериментов при определении оценки дисперсии воспроизводимости (S_y^2) и оценка дисперсии (S_b).

Значимость коэффициентов регрессии определяли из условия

$$|b| \geq |S_b t_s|, \quad (3)$$

где t_s – значение критерия Стьюдента, найденное при доверительной вероятности 0,95 и числе степеней свободы $f = N - 1$.

На основании анализа полученных данных уравнения регрессии имеют следующий вид:

$$Y_1 = 88,1 - 1,55X_1 - 2,95X_2 - 0,6X_3, \quad (4)$$

$$Y_2 = 0,69 + 0,06X_1 + 0,19X_2 + 0,04X_3. \quad (5)$$

Для проверки адекватности уравнений регрессии рассчитаны:

– оценка дисперсии адекватности ($S_{ад}^2$):

$$S_{ад}^2 = \frac{1}{N-B} \sum_{j=1}^N S_j^2 (y_j^3 - y_j^p), \quad (6)$$

где B – число коэффициентов регрессии искомого уравнения, включая и свободный член; $y_j^3 - y_j^p$ – экспериментальное и расчетное значение функции отклика в j – м опыте; N – число опытов полного факторного эксперимента.

– значения критерия Фишера ($F_{p1} = 3$ и $F_{p2} = 5$), которые сравнивали с его табличным значением ($F_{табл} = 7,71$). Так как расчетные значения меньше табличных, то уравнения адекватно описывают изучаемый процесс.

Фундаментальные работы Р. Фишера, Д. Бокса, Ю. Адлера и других исследователей по

Таблица 7 – Характеристика и результаты эксперимента

Table 7 – The characteristics and results of the experiment

Характеристика и № опыта	C, %	τ, ч	t, °C	X ₁	X ₂	X ₃	y ₁ ^p	y ₂ ^p
Основной уровень	0,04	4	12	–	–	–	–	–
Интервал варьирования	0,02	2	5	–	–	–	–	–
Шаг движения	0,01	0,5	1	–	–	–	–	–
Крутое восхождение								
1	0,05	4,5	13	0,5	0,25	0,2	86,5	0,78
2	0,06	5,0	14	1,0	0,50	0,4	84,8	0,86
3	0,07	5,5	15	1,5	0,75	0,6	83,2	0,95
4	0,08	6,0	16	2,0	1,00	0,8	81,6	1,03

математическому планированию экспериментов позволили применять высокоэффективные схемы планирования, такие как метод крутого восхождения/наискорейшего спуска. Этот метод нашел применение при решении задач оптимизации технологических процессов в пищевых технологиях.

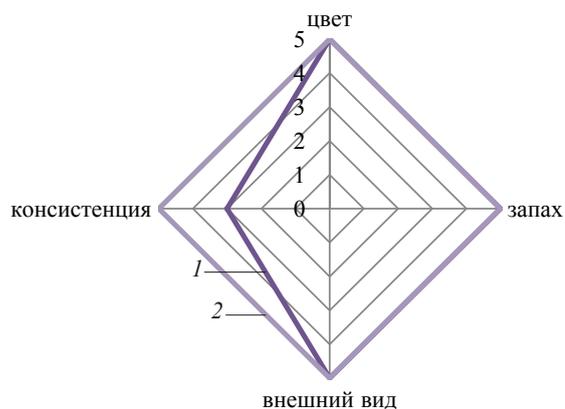
Важным преимуществом математического планирования экспериментов, по сравнению с классическими методами исследования, является возможность одновременного влияния на технологический процесс большого числа факторов. Кроме того, этот метод позволяет наряду с количественным учетом каждого отдельного фактора установить наличие в системе межфакторных взаимодействий и оценить влияние последних, а также определить значение параметров при оптимальной эффективности процессов [22].

Оптимизация параметров ферментирования мяса страуса методом крутого восхождения представлена в таблице 7.

Принято, что оптимизация заканчивается при значениях: влагоудерживающей способности $y_1 = 86,5\%$, содержания аминного азота $y_2 = 0,80$ мг/100 г.

Проведена органолептическая оценка качества ферментированного фарша по пятибалльной шкале, в которой приняты следующие дескрипторы: запах, внешний вид, консистенция, цвет. На рисунке 1 представлена органолептической оценка показателей качества фарша без ферментирования (контрольный образец) и фарша, ферментированного с внесением коллагеназы с массовой долей 0,05 %, времени выдержки 4,5 ч при $t = 13$ °C.

Выбраны следующие параметры ферментирования фарша на основе мяса бедренной части страуса: массовая доля коллагеназы C = 0,05 %,



1 – контрольный образец
2 – ферментированный фарш из мяса страуса

Рисунок 1 – Органолептическая оценка показателей качества ферментированного фарша и контрольного образца

Figure 1 – The organoleptic evaluation of the quality of the fermented minced meat and the control sample

время выдержки фарша $\tau = 4,5$ ч при температуре $t = 13$ °С. Дальнейшее увеличение концентрации коллагеназы, времени выдержки и температуры фарша приводит к снижению влагоудерживающей способности, разжижению консистенции фарша и снижению общего содержания белка с 22,0 % до 14,0 % из-за протеолиза. Эти изменения связаны с уменьшением содержания высокомолекулярных белков, увеличением количества пептидов различной молекулярной массой и свободных аминокислот, что сопровождается снижением значения рН с 6,2 до 5,7.

Выводы

Предложены оптимальные технологические параметры ферментирования фарша на основе мяса страуса с применением коллагеназы: массовая

доля коллагеназы 0,05 %, продолжительность выдержки фарша 4,5 ч при $t = 13$ °С, позволяющие получить фарш с высокими органолептическими показателями и функционально-технологическими свойствами, по сравнению с контрольным образцом. Полученный ферментированный фарш при выбранных режимах ферментирования рекомендуется использовать в технологии рубленых полуфабрикатов, вареных колбасных изделий, фаршевых мясорастительных консервах, предназначенных для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний людей с пониженной активностью протеолитических ферментов желудочно-кишечного тракта.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Воздействие питания и образа жизни на здоровье населения / Д. В. Турчанинов, Е. А. Вильмс, Л. А. Боярская [и др.] // *Пищевая промышленность*. – 2015. – № 1. – С. 8–11.
2. Улумбекова, Г. Э. Здоровье населения в Российской Федерации: факторы риска и роль здорового питания / Г. Э. Улумбекова // *Вопросы питания*. – 2010. – Т. 79, № 2. – С. 33–38.
3. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская, Д. В. Рисник [и др.] // *Вопросы питания*. – 2017. – Т. 86, № 4. – С. 113–124.
4. Герасименко, Н. Ф. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни / Н. Ф. Герасименко, В. М. Позняковский, Н. Г. Челнакова // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. – 2016. – Т. 12, № 4. – С. 52–57.
5. Кузьмичев, В. Ю. Качество мяса африканского страуса / В. Ю. Кузьмичев, В. С. Колодязная // *Мясная индустрия*. – 2008. – № 11. – С. 20–24.
6. Характеристика линейки продуктов страусоводства / Н. Ю. Сарбатова, Е. А. Остроух, О. В. Сычева [и др.] // *Пищевая индустрия*. – 2018. – Т. 36, № 2. – С. 55–57.
7. Horbańczuk, O. K. Technological and nutritional properties of ostrich, emu, and rhea meat quality / O. K. Horbańczuk, A. Wierzbicka // *Journal of Veterinary Research*. – 2016. – Vol. 60, № 3. – P. 279–286. DOI: <https://doi.org/10.1515/jvetres-2016-0043>.
8. Теоретическое обоснование разработки специализированного мясного продукта на основе мяса страуса / Н. Ю. Сарбатова, Р. С. Омаров, С. А. Измайлова [и др.] // *Мясные технологии*. – 2015. – Т. 149, № 5. – С. 48–51.
9. Инновации в производстве продуктов животного происхождения / О. В. Зинина, М. Б. Ребезов, Е. П. Мирошникова [и др.] // *Известия КГТУ*. – 2016. – № 42. – С. 104–116.
10. Ферментные препараты и биокаталитические процессы в пищевой промышленности / Л. В. Римарева, Е. М. Серба, Е. Н. Соколова [и др.] // *Вопросы питания*. – 2017. – Т. 86, № 5. – С. 63–74.
11. Перспективы использования растительных компонентов и ферментных препаратов в технологии цельнокусковых мясных изделий / Е. А. Кашенко, Е. С. Артемов, Е. Е. Курчаева [и др.] // *Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции*. – 2015. – Т. 5, № 2. – С. 110–114.
12. Антипова, Л. В. Протепсин – новый ферментный препарат отечественного производства для обработки мясного и молочного сырья / Л. В. Антипова, М. В. Горбунков // *Сборник трудов конференции : «Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов»*. – М., 2016. – С. 7–12.
13. Mora, L. Bioactive peptides generated from meat industry by-products / L. Mora, M. Reig, F. Toldrá // *Food Research International*. – 2014. – Vol. 65. – P. 344–349. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.014>.
14. Effect of Tenderization on Histological, Physico-Chemical and Properties of Raw and Cooked Emu Meat Treated with Natural Tenderizers / S. Verma, S. Biswas, S. N. Rindhe [et al.] // *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 322–332. DOI: <http://doi.org/10.18782/2320-7051.5995>.
15. Exogenous Proteases for Meat Tenderization / A. A. Bekhit, D. L. Hopkins, G. Geesink [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2014. – Vol. 54, № 8. – P. 1012–1031. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.623247>.
16. Enzymes in meat processing / C. B. B. Cazarin, G. C. Lima, J. K. da Silva [et al.] // *Enzymes in food and beverage processing* / M. Chandrasekaran. – Boca Raton : CRC Press, 2015. – P. 337–351.
17. Plant and bacterial proteases: A key towards improving meat tenderization, a mini review / M. S. Arshad, J.-H. Kwon, M. Imran [et al.] // *Cogent Food & Agriculture*. – 2016. – Vol. 2, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1261780>.

18. Pal, G. K. Microbial collagenases: challenges and prospects in production and potential applications in food and nutrition / G. K. Pal, P. V. Suresh // *RSC Advances*. – 2016. – Vol. 6, № 40. – P. 33763–33780. DOI: <https://doi.org/10.1039/c5ra23316j>.
19. Изучение гидролиза коллагенсодержащего сырья протеолитическими ферментами / Э. Ш. Юнусов, В. Я. Пономарев, С. А. Морозова [и др.] // *Вестник казанского технологического университета*. – 2016. – Т. 19, № 24. – С. 168–170.
20. Чертова, А. С. Способы ферментирования коллагенсодержащего сырья / А. С. Чертова, Д. Н. Рузаева // *Инновационная наука*. – 2017. – № 12. – С. 70–72.
21. Биохимические основы переработки и хранения сырья животного происхождения / Ю. Г. Базарнова, Т. Е. Бурова, В. И. Марченко [и др.]. – СПб. : Проспект Науки, 2011. – 192 с.
22. Грачев, Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. П. Грачев, Ю. М. Плаксин. – М. : ДеЛи принт, 2005. – 296 с.

References

1. Turchaninov D.V., Wilms E.A., Boyarskaya L.A., and Turchaninova M.S. The Impact Diet and Lifestyle on Public Health: Current Approaches to Assessment and Strategies for Prevention. *Food processing industry*, 2015, no. 1, pp. 8–11. (In Russ.).
2. Ulumbekova G.E. Population health in the Russian Federation: risk factors and role of healthy nutrition. *Problems of Nutrition*, 2010, vol. 79, no. 2, pp. 33–38. (In Russ.).
3. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Risnik D.V., Nikityuk D.B., and Tutelyan V.A. Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem. *Problems of Nutrition*, 2017, vol. 86, no. 4, pp. 113–124. (In Russ.).
4. Gerasimenko N.F., Poznyakovskiy V.M., and Chelnokova N.G. Healthy eating and its role in ensuring the quality of life. *Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food*, 2016, vol. 12, no. 4, pp. 52–57. (In Russ.).
5. Kuzmichev V.Yu. and Kolodyaznaya V.S. Evaluation of ostrich meat quality. *Meat Industry*, 2008, no. 11, pp. 20–24. (In Russ.).
6. Sarbatova N.Yu., Ostroukh E.A., Sycheva O.V., Epimakhova E.Eh., and Omarov R.S. Kharakteristika lineyki produktov strausovodstva [Characteristics of the ostrich farming product line]. *Pishchevaya industriya* [Food industry], 2018, vol. 36, no. 2, pp. 55–57. (In Russ.).
7. Horbańczuk O.K. and Wierzbička A. Technological and nutritional properties of ostrich, emu, and rhea meat quality. *Journal of Veterinary Research*, 2016, vol. 60, no. 3, pp. 279–286. DOI: <https://doi.org/10.1515/jvetres-2016-0043>.
8. Sarbatova N.Yu., Omarov R.S., Izmaylova S.A., and Sychyova O.V. Teoreticheskoe obosnovanie razrabotki spetsializirovannogo myasnogo produkta na osnove myasa strausa [Theoretical justification for the development of a specialized meat product based on ostrich meat]. *Meat Technology*, 2015, vol. 149, no. 5, pp. 48–51. (In Russ.).
9. Zinina O.V., Rebezov M.B., Miroshnikova E.P., and Prokhasko L.S. Innovations in production of foods of animal origin. *Scientific Journal of Kaliningrad State Technical University*, 2016, no. 42, pp. 104–116. (In Russ.).
10. Rimareva L.V., Serba E.M., Sokolova E.N., Borshcheva Yu.A., and Ignatova N.I. Enzyme preparations and biocatalytic processes in the food industry. *Problems of Nutrition*, 2017, vol. 86, no. 5, pp. 63–74. (In Russ.).
11. Kashchenko E.A., Artemov E.S., Kurchaeva E.E., and Manzhesov V.I. Prospects of use of vegetable components and fermental preparations in the tselnokuskov technology of meat products. *Tekhnologii i tovarovedenie sel'skokhozyaystvennoy produkcii* [Technologies and commodity research of agricultural products], 2015, vol. 5, no. 2, pp. 110–114. (In Russ.).
12. Antipova L.V. and Gorbunkov M.V. Protepsin-novyy fermentnyy preparat otechestvennogo proizvodstva dlya obrabotki myasnogo i molochnogo syr'ya [Domestic protepsin-new enzyme preparation for processing meat and dairy raw materials]. *Sbornik trudov konferentsii: "Perspektivnye fermentnye preparaty i biotekhnologicheskie protsessy v tekhnologiyakh produktov pitaniya i kormov"* [Proceedings of the conference: Advantageous enzyme preparations and biotechnological processes in food and feed technologies]. Moscow, 2016, pp. 7–12. (In Russ.).
13. Mora L., Reig M., Toldrà F. Bioactive peptides generated from meat industry by-products. *Food Research International*, 2014, vol. 65, pp. 344–349. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.014>.
14. Verma S., Biswas S., Rindhe S.N., Kumari B., and Kumbha V.H. Effect of Tenderization on Histological, Physico-Chemical and Properties of Raw and Cooked Emu Meat Treated with Natural Tenderizers. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 2018, vol. 6, no. 1, pp. 322–332. DOI: <http://doi.org/10.18782/2320-7051.5995>.
15. Bekhit A.A., Hopkins D.L., Geesink G., Bekhit A.A., and Franks P. Exogenous Proteases for Meat Tenderization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2014, vol. 54, no. 8, pp. 1012–1031. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.623247>.
16. Cazarin C.B.B., Lima G.C., da Silva J.K., and Maróstica M.R. Enzymes in meat processing. In: *Chandrasekaran M. (ed) Enzymes in food and beverage processing*. Boca Raton: CRC Press Publ., 2015. pp. 337–351.
17. Arshad M.S., Kwon J.-H., Imran M., et al. Plant and bacterial proteases: A key towards improving meat tenderization, a mini review. *Cogent Food & Agriculture*, 2016, vol. 2, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1261780>.
18. Pal G.K. and Suresh P.V. Microbial collagenases: challenges and prospects in production and potential applications in food and nutrition. *RSC Advances*, 2016, vol. 6, no. 40, pp. 33763–33780. DOI: <https://doi.org/10.1039/c5ra23316j>.

19. Yunusov Eh.Sh., Ponomarev V.Ya., Morozova S.A., and Ezhkova G.O. Izuchenie gidroliza kollagensoderzhashchego syr'ya proteoliticheskimi fermentami [The hydrolysis of collagen-containing raw materials by proteolytic enzymes]. *Herald of Kazan Technological University*, 2016, vol. 19, no. 24, pp. 168–170. (In Russ.).

20. Chertova A.S. and Ruzaeva D.N. Sposoby fermentirovaniya kollagensoderzhashchego syr'ya [Methods for fermenting collagen-containing raw materials]. *Innovation Science*, 2017, no. 12, pp. 70–72. (In Russ.).

21. Bazarnova Yu.G., Burova T.E., Marchenko V.I., Smelik V.A., and Tret'yakov N.A. *Biokhimicheskie osnovy pererabotki i khraneniya syr'ya zhiivotnogo proiskhozhdeniya* [Biochemical foundations for processing and storage of raw materials of animal origin]. St. Petersburg: Prospect Nauki Publ., 2011. 192 p. (In Russ.).

22. Grachev Yu.P. and Plaksin Yu.M. *Matematicheskie metody planirovaniya ehksperimenta* [Mathematical methods of experiment planning]. Moscow: DeLi print Publ., 2005. 296 p. (In Russ.).

Колодязная Валентина Степановна

д-р техн. наук, профессор факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: + 7 (911) 249-84-68, e-mail: kvs_holod@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6339-4583>

Шестопалова Ирина Анатольевна

канд. техн. наук, доцент факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: + 7 (921) 595-15-54, e-mail: irina_1_83@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2027-205X>

Кипрушкина Елена Ивановна

д-р техн. наук, доцент факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: + 7 (911) 697-08-47, e-mail: kipelena@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5350-4550>

Рогозина Елена Андреевна

магистрант факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: + 7 (931) 297-32-55, e-mail: lelekin_96@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-0086-6520>

Головинская Оксана Владимировна

канд. техн. наук, доцент факультета Пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, тел.: + 7 (906) 263-84-12, e-mail: oksana2187@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8246-8990>

Valentina S. Kolodyaznaya

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: + 7 (911) 249-84-68, e-mail: kvs_holod@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6339-4583>

Irina A. Shestopalova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: + 7 (921) 595-15-54, e-mail: irina_1_83@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2027-205X>

Elena I. Kiprushkina

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: + 7 (911) 697-08-47, e-mail: kipelena@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5350-4550>

Elena A. Rogozina

Undergraduate of the Department Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: + 7 (931) 297-32-55, e-mail: lelekin_96@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-0086-6520>

Oksana V. Golovinskaia

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department Food Biotechnology and Engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: + 7 (906) 263-84-12, e-mail: oksana2187@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8246-8990>