

Оптимизация технологических параметров биомодификации свойств низкосортного мясного сырья с применением лактобактерий

Канд. техн. наук **Ю.В. Бройко**, yuliyabroyko@mail.ru
 д-р техн. наук **В.С. Колодязная**, kvs-holod@mail.ru
 д-р техн. наук **Е.И. Кипрушкина**, kipelena@yandex.ru
 канд. техн. наук **И.А. Шестопалова**, irina_1_83@mail.ru
 канд. техн. наук **В.И. Филиппов**, valery98rus@mail.ru

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, д.9

Исследовали влияние лактобактерий *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus delbrueckii* на динамику белков соле- и щелочерастворимой фракции говядины II сорта с повышенным содержанием соединительной ткани и оптимизацию технологических параметров ферментирования. Объектом исследования выбраны: охлажденная говядина II сорта с повышенным содержанием соединительной ткани, лактобактерии *Lactobacillus plantarum*, штамм 8P-A3 и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, штамм atcc 21815. Анализ фракционного состава белка говядины II сорта проводили спектрофотометрическим методом. Массовую долю белка определяли методом Кьельдаля. При органолептической оценке показателей качества ферментированного фарша по пятибалльной шкале определялись следующие дескрипторы: консистенция, цвет, аромат, внешний вид. Анализ микробиологических показателей безопасности проводили по стандартным методикам в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011. В процессе исследования влияния технологических параметров ферментирования говядины II сорта на динамику белков соле- и щелочерастворимых фракций использовали метод планирования полного трехфакторного эксперимента. В качестве функции отклика выбрано содержание белков соле- и щелочерастворимых фракций Y_1 и Y_2 соответственно. Кодированными переменными X_1 , X_2 , X_3 выбраны технологические параметры ферментирования: массовая доля закваски *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus delbrueckii* (m,%), температура (t,°C) и продолжительность процесса (τ, ч) соответственно. Получены кинетические зависимости изменения содержания белков соле- и щелочерастворимых фракций от массовой доли заквасок, температуры и продолжительности ферментирования. Составлены уравнения регрессии, характеризующие эти зависимости. Оптимизированы технологические параметры ферментирования говядины II сорта с применением молочнокислых заквасок, содержащих *Lactobacillus plantarum*, штамм 8P-A3 и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, штамм atcc 21815 с массовой долей 5 и 7%, продолжительностью выдержки 6 и 5 ч при температуре 20°C соответственно. Ферментированный фарш, полученный из низкосортной говядины с высоким содержанием соединительной ткани, рекомендуется использовать в технологии функциональных продуктов питания для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний людей с пониженной активностью протеолитических ферментов желудочно-кишечного тракта.

Ключевые слова: биомодификация; говядина; белки; коллаген; молочнокислые бактерии; технологические параметры биомодификации.

DOI: 10.17586/2310-1164-2020-10-1-74-80

Optimization of biomodification technological parameters of low-grade meat with lactobacilli

Ph. D. **Yuliya V. Broyko**, yuliyabroyko@mail.ru
 D. Sc. **Valentina S. Kolodyaznaya**, kvs-holod@mail.ru
 D. Sc. **Elena I. Kiprushkina**, kipelena@yandex.ru
 Ph. D. **Irina A. Shestopalova**, irina_1_83@mail.ru
 Ph. D. **Valeriy I. Filippov**, valery98rus@mail.ru

ITMO University

9, Lomonosov str., St. Petersburg, 191002, Russia

The article presents the results of a study on the effect of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus delbrueckii* on the dynamics of proteins of salt-and alkali-soluble fraction of grade II beef with an increased content of connective tissue and optimization of technological parameters of fermentation. The purpose of the present research was to investigate and optimize the technological parameters of biomodification of the properties of grade II beef using lactic acid bacteria. The object of the study was

selected: chilled grade II beef with a high content of connective tissue and *Lactobacillus plantarum*, strain 8P-A3, and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, strain atcc 21815. The analysis of the fractional composition of grade II beef protein was performed by spectrophotometric method. The mass fraction of the protein was determined by the Kjeldal method. In the process of studying the influence of fermentation technological parameters of grade II beef on the dynamics of proteins of salt and alkali-soluble fractions, the method of planning a full three-factor experiment was used. The proteins content of Y_1 and Y_2 salt – and alkali-soluble fractions was chosen as the response function. As X_1 , X_2 , X_3 encoded variables the following fermentation process parameters were selected: the mass of the sour leaven on the basis of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus delbrueckii* (m, %), the temperature (t, °C), and the duration of the process (τ , h), respectively. Kinetic dependences of proteins content changes in salt-and alkali-soluble fractions on the mass fraction of the sour leaven on the basis of the lactic acid bacteria, temperature, and duration of fermentation were obtained. Regression equations characterizing these dependencies are compiled. The technological parameters of grade II beef fermentation using the sour leaven on the basis of *Lactobacillus plantarum*, strain 8P-A3, and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, strain atcc 21815, were optimized with a mass fraction of 5 and 7%, and duration of fermentation of 6 and 5 hours at a temperature of 20°C, respectively. Fermented meat obtained from low-grade beef with a high content of connective tissue is recommended for use in functional food for prevention of alimentary-dependent diseases of people with reduced proteolytic enzymatic activity of gastrointestinal tract.

Keywords: biomodification; beef; proteins; collagen; lactic acid bacteria; technological parameters of biomodification.

Введение

В настоящее время одним из перспективных направлений рационального использования природно-сырьевых ресурсов является переход на мало- и безотходные производства. Повышение эффективности мясоперерабатывающей промышленности требует усовершенствования традиционных технологических процессов в направлении комплексного использования сырья и создания малоотходных и безотходных технологий. Производство должно обеспечивать выпуск продукции высокого качества, быть ресурсосберегающим и экологически безопасным [1].

Анализ состояния использования вторичных сырьевых ресурсов и создания малоотходных и безотходных технологий в мясной промышленности показывает, что средний уровень их промышленной переработки еще невелик [2].

В связи с этим актуальным является разработка технологий по переработке низкосортного мясного сырья, позволяющих расширить ресурсные возможности за счет глубокой и комплексной переработки мяса для получения продуктов функционального питания.

Одной из причин неудовлетворительного качества сырья, из-за которого его значительная часть направляется в отходы, является высокое содержание соединительной ткани, имеющей в своем составе неполноценные и трудноусваиваемые белки — коллаген и эластин [3]. Известно, что коллаген медленно переваривается протеазами желудочно-кишечного тракта, поэтому употребление мясных продуктов, содержащих более 20% этого белка, не рекомендуется [4].

Для решения этой проблемы необходимо рассмотреть варианты рационального использования такого мясного сырья, разработать методы, повышающие ресурсную эффективность его переработки.

Одним из перспективных направлений переработки мяса с высоким содержанием соединительной ткани является разработка и внедрение новых технологий, ориентированных на интенсификацию комплекса биохимических превращений, которые протекают в мясном сырье, связанных с образованием аминокислот, в том числе свободных, а также пептидов различной молекулярной массы и экстрактивных веществ. Использование ферментных препаратов и пробиотических культур, отличающихся высокой протеолитической активностью, позволяет целенаправленно регулировать синтез и накопление этих соединений, и как следствие, повышать пищевую и биологическую ценность, усвояемость белков соединительной ткани, органолептические показатели качества и функционально-технологические свойства полуфабрикатов и готовых изделий.

Отечественными и зарубежными учеными проведены исследования по использованию ферментных препаратов для повышения ресурсной эффективности мясного сырья с повышенным содержанием соединительной ткани [5–9].

В работах Л.В. Антиповой, И.С. Косенко, И.А. Шестопаловой и Н.А. Уваровой показана целесообразность применения ферментных препаратов растительного и животного происхождения протеолитического действия для биомодификации свойств мясного сырья с повышенным содержанием соединительной ткани в производстве мясных изделий [5, 6].

Зарубежными авторами Е.А. Foegeding, D.K. Larick и P. Verge предложены способы тендеризации мясного сырья ферментными препаратами [8, 9].

Следует отметить, что в настоящее время ферментные препараты являются импортируемыми и дорогостоящими, как следствие не нашли широкого применения.

Проведены исследования по определению целенаправленного воздействия на низкосортное мясное сырье смеси культур микроорганизмов заданного количественного и качественного составов. В ряде работ показана значимость применения бифидо-, лакто и пропионовокислых бактерий для интенсификации технологических процессов производства мясных продуктов из мяса с повышенным содержанием соединительной ткани и повышения их качества [4, 10–13].

В работах А.А. Нестеренко и др. для биомодификации низкосортного мясного сырья предложено применение консорциума микроорганизмов, содержащего *Lactobacillus plantarum*, *Bifidobacterium siccum*, *Staphylococcus carnosus*. Исследовано влияние продуктов жизнедеятельности исследуемых микроорганизмов на функционально-технологические свойства мясного сырья [4].

И.С. Хамагаевой и др. показана значимость использования комбинированной закваски молочнокислых бактерий *L. plantarum* и бифидобактерий, концентрата пропионовокислых бактерий на стадии посола и осадки производства вареных и варено-копченых колбас в формировании качественных характеристик готовых изделий [10].

Исследованиями Н.В. Потрясова и др. показана эффективность и экономическая целесообразность обработки мясного сырья молочнокислыми и бифидобактериями, связанная с интенсификацией технологического процесса посола [11, 12]. Авторы отмечают увеличение показателей функционально-технологических свойств и повышение качества мясного сырья с различным соотношением мышечной и соединительной ткани. В тоже время ограничена информация о влиянии микроорганизмов на протеолиз белков соединительной ткани (коллагена) и влияние продуктов распада на повышение их усвояемости организмом человека.

В связи с этим для повышения эффективности протеолиза белков соединительной ткани (коллагена) в процессе биомодификации низкосортного мясного сырья обоснование выбора лактобактерий и оптимизация технологических параметров ферментирования являются актуальным.

В настоящее время отсутствует научная информация по оптимизации технологических параметров протеолиза белков соединительной ткани говядины II сорта с применением лактобактерий *Lactobacillus plantarum*, штамм 8P-A3 и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, штамм atcc 21815.

Цель работы – исследовать и оптимизировать технологические параметры биомодификации свойств говядины II сорта с применением лактобактерий по изменению количества белков солей и щелочерастворимой фракций.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования выбрана лопаточная часть охлажденной говядины II сорта с содержанием белка ($18,7 \pm 0,5$)% и соединительной ткани (13 ± 2)% к массе отруба, полученной на ООО «Мясокомбинат Всеволожский», Ленинградская область по ГОСТ 31797-2012 Мясо. Разделка говядины на отрубы. Для получения фарша мясное сырье предварительно измельчали на волчке с решеткой диаметром отверстий 3 мм.

На основании анализа научной литературы по использованию молочнокислых бактерий в технологиях биомодификации свойств мясного сырья с повышенным содержанием соединительной ткани выбраны лактобактерии *Lactobacillus plantarum*, штамм 8P-A3 (далее *L. plantarum*) и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, штамм atcc 21815 (далее *L. delbrueckii*), полученные на Государственном НИИ особо чистых биопрепаратов (Санкт-Петербург).

Препараты биомассы *L. plantarum* и *L. delbrueckii* содержат не менее 10^7 КОЕ/мл, желатин, сахарозу и сухое молоко и отличаются протеолитической активностью. Активация препаратов включает выдержку в стерильной воде в течение 20 мин, пастеризацию молока жирностью 2,5% при температуре 95°C в течение 30 мин и его охлаждение до температуры 37°C. Для получения закваски

подготовленную культуру вносили в молоко и культивировали бактерии при температуре 37°C до кислотности 98°Т.

В качестве контрольного образца использовали мясной фарш, полученный из говядины II сорта без добавления заквасок исследуемых молочнокислых бактерий.

Анализ фракционного состава белков говядины II сорта проводили методом, в основе которого лежит принцип разделения белка на водо-, соле- и щелочерастворимые фракции с последовательным экстрагированием пробы в соответствующих растворителях на спектрофотометре SSI-2101 [14]. Массовую долю белка определяли методом Кьельдаля на основе минерализации пробы по ГОСТ 25011-2017 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка.

При органолептической оценке показателей качества ферментированного фарша по пятибалльной шкале определялись следующие дескрипторы: консистенция, цвет, аромат, внешний вид. Анализ микробиологических показателей безопасности проводили по ГОСТ Р 52816-2007. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек и ГОСТ Р 51448-99. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции.

Результаты и их обсуждение

С целью обоснования применения лактобактерий *L. plantarum* и *L. delbrueckii* для биомодификации свойств говядины II сорта с повышенным содержанием соединительной ткани проведена оптимизация технологических параметров протеолиза белков мышечной и соединительной ткани методом крутого восхождения (наискорейшего спуска) с использованием уравнений регрессии, полученных при планировании полного трехфакторного эксперимента [15].

Важной характеристикой белков является количественное соотношение соле- и щелочерастворимых фракций, влияющее не только на технологические свойства, но и на биологическую ценность мясного сырья [16]. Эффективность протеолиза белков мышечной ткани, представленных в основном актином и миозином и соединительной тканью, содержащей коллаген, оценивали по изменению количества именно этих белков. В связи с этим в качестве функции отклика выбрано содержание белков Y_1 и Y_2 соле- и щелочерастворимых фракций соответственно. Начальное содержание белков (контроль) солерастворимой фракции составляет 0,9 мг/см³, а щелочерастворимой (коллаген) – 3,2 мг/см³.

В качестве кодированных переменных X_1 , X_2 , X_3 выбраны технологические параметры ферментирования: массовая доля закваски *L. plantarum* и *L. delbrueckii* (m,%), температура (t , °C) и продолжительность процесса (τ , ч) соответственно. Массовая доля закваски на основном уровне принята 6%, интервал варьирования – 2%; температура выдержки 12°C, интервал варьирования 8°C; продолжительность ферментирования – 6 ч, интервал варьирования – 2 ч.

В таблицах 1 и 2 представлены матрицы планирования и результаты полного трехфакторного эксперимента по исследованию влияния условий ферментирования говядины II сорта на изменение содержания белков фракций.

Таблица 1. Матрица планирования и результаты полного трехфакторного эксперимента ферментирования говядины II сорта (*L. plantarum*)

Table 1. Planning matrix and the results of full three-phase experiment in II grade beef fermentation (*L. plantarum*)

№	X_1	Массовая доля закваски, %	X_2	Температура ферментирования, °C	X_3	Продолжительность ферментирования, ч	Y_1 , мг/см ³	Y_2 , мг/см ³
1	-1	4	-1	4	-1	4	0,55	0,78
2	+1	8	-1	4	-1	4	0,49	0,77
3	-1	4	+1	20	-1	4	0,40	0,67
4	+1	8	+1	20	-1	4	0,30	0,64
5	-1	4	-1	4	+1	8	0,39	0,64
6	+1	8	-1	4	+1	8	0,29	0,49
7	-1	4	+1	20	+1	8	0,29	0,56
8	+1	8	+1	20	+1	8	0,22	0,46

Таблица 2. Матрица планирования и результаты полного трехфакторного эксперимента ферментирования говядины II сорта (*L. delbrueckii*)

Table 2. Planning matrix and the results of full three-phase experiment in II grade beef fermentation (*L. delbrueckii*)

№	X_1	Массовая доля закваски, %	X_2	Температура ферментирования, °С	X_3	Продолжительность ферментирования, ч	Y_1 , мг/см ³	Y_2 , мг/см ³
1	-1	4	-1	4	-1	2	0,64	0,75
2	+1	8	-1	4	-1	2	0,60	0,74
3	-1	4	+1	20	-1	2	0,38	0,62
4	+1	8	+1	20	-1	2	0,64	0,77
5	-1	4	-1	4	+1	6	0,56	0,92
6	+1	8	-1	4	+1	6	0,51	0,64
7	-1	4	+1	20	+1	6	0,32	0,81
8	+1	8	+1	20	+1	6	0,44	0,74

На основании полученных данных (таблица 1 и 2), рассчитаны коэффициенты уравнения регрессии, определена их значимость и приведена оценка дисперсии [15]. Исключив незначимые коэффициенты, составлены уравнения регрессии, характеризующие зависимость изменения содержания белков исследуемых фракций биомодифицированной говядины II сорта от массовой доли закваски, температуры и времени ферментирования

L.plantarum

$$Y_1 = 0,366 - 0,041X_1 - 0,064X_2 - 0,069X_3 + 0,021X_1X_2X_3$$

$$Y_2 = 0,626 - 0,036X_1 - 0,044X_2 - 0,089X_3 - 0,026X_1X_2X_3$$

L.delbrueckii

$$Y_1 = 0,51 - 0,03X_1 - 0,07X_2 - 0,05X_3 + 0,06X_1X_2 - 0,02X_1X_3 - 0,01X_2X_3$$

$$Y_2 = 0,75 - 0,03X_1 - 0,01X_2 + 0,03X_3 + 0,05X_1X_2 + 0,06X_1X_3 + 0,01X_2X_3$$

Полученные уравнения регрессии использовали для оптимизации технологических параметров протеолиза белков говядины II сорта ферментами синтезируемыми культурами *L. plantarum* и *L. delbrueckii*. Оптимизация проводилась при следующих ограничениях исследуемых параметров: $4 \leq m \leq 8\%$; $2 \leq \tau \leq 6$ ч; $4 \leq t \leq 20^\circ\text{C}$. Приняты шаги движения: $\Delta m^* = 1\%$; $\Delta t^* = 2^\circ\text{C}$; $\Delta \tau^* = 1$ ч. Ферментирование заканчивали в процессе протеолиза белков соле- и щелочерастворимой фракции при следующих ограничениях на функции отклика: $Y_1 = 60\%$ и $Y_2 = 80\%$, что соответствует содержанию белков соле- и щелочерастворимой фракции – 0,36 и 0,64 мг/см³ от начального содержания соответственно. Исследования показали, что при изучаемых технологических параметрах ферментирования мясного сырья в контрольных образцах количество белков соле- и щелочерастворимой фракций не изменилось.

На основании полученных данных по ферментированию говядины II сорта для эффективного протеолиза белков соединительной ткани рекомендуется внесение молочнокислых заквасок, содержащих *Lactobacillus plantarum*, штамм 8P-A3 и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, штамм atcc 21815 с массовой долей 5 и 7% и продолжительностью выдержки 6 и 5 ч при температуре 20°C соответственно.

По результатам органолептической оценки (4,8 балла) при данных технологических параметрах ферментирования мясной фарш с заквасками исследуемых лактобактерий характеризуется тонким приятным ароматом, нежно-розовым цветом, хорошей формуемостью и липкостью. Дальнейшее увеличение степени протеолиза белков снижает функционально-технологические свойства и органолептические показатели ферментированного фарша.

Исследования по влиянию рекомендуемых технологических параметров на микробиологические показатели ферментированного мясного фарша показали, что содержание санитарно-показательных микроорганизмов КМАФАнМ, КОЕ/г не превышает допустимого уровня и составляет $4,2 \cdot 10^4$, бактерии группы кишечной палочки – не обнаружены.

С целью повышения усвояемости белков соединительной ткани с высоким содержанием коллагена, ферментированный фарш, полученный из низкосортной говядины, рекомендуется использовать в технологии функциональных продуктов питания для профилактики алиментарно-

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

Заключение

Для протеолиза белков соединительной ткани (коллагена) в процессе биомодификации говядины II сорта выбраны лактобактерии *Lactobacillus plantarum*, штамм 8P-A3 и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, штамм atcc 21815.

Получены кинетические зависимости изменения содержания белков соле- и щелочерастворимых фракций от массовой доли заквасок, температуры и продолжительности ферментирования. Составлены уравнения регрессии, характеризующие эти зависимости.

Оптимизированы технологические параметры протеолиза белков мышечной и соединительной ткани с применением молочнокислых заквасок, содержащих *Lactobacillus plantarum*, штамм 8P-A3 и *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, штамм atcc 21815 с массовыми долями 5 и 7% и продолжительностью выдержки 6 и 5 ч при температуре 20°C соответственно.

Ферментированный фарш, полученный из низкосортной говядины с высоким содержанием соединительной ткани, рекомендуется использовать в технологии функциональных продуктов питания для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний у людей с пониженной активностью протеолитических ферментов желудочно-кишечного тракта.

Литература

1. Лисицын А.Б., Небурчилова Н.Ф., Петрунина И.В. Комплексное использование сырья в мясной отрасли АПК // Пищевая промышленность. 2016. № 5, С. 58–62.
2. Лисицын А.Б., Небурчилова Н.Ф., Горбунова Н.А. Перспективные направления повышения эффективности переработки побочного сырья мясной промышленности // Инновации в интенсификации производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сб. тр. Волгоград: Сфера. 2015. С. 209–212.
3. Антипова Л.В., Глотова И.А., Сторублевцев С.А., Болтыхов Ю.В. Биокаталитические процессы в получении функциональных коллагенсодержащих ингредиентов для мясной промышленности // Перспективные биокатализаторы для перерабатывающих отраслей АПК: сб. тр. Москва: Всерос. науч.-исслед. ин-т пищевой биотехнологии, 2010. С. 219–227.
4. Нестеренко А.А., Акоюн К.В. Биомодификация мясного сырья с целью получения функциональных продуктов // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 101(07).
5. Антипова Л.В., Косенко И.С. Исследование свойств протеолитических ферментных препаратов // Мясная индустрия. 2010. № 11. С. 82–83.
6. Шестопалова И.А., Уварова Н.А. Ферментирование мясного сырья с повышенным содержанием соединительной ткани // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № 2(20).
7. Бараненко Д.А. Технология мясных продуктов из биомодифицированного сырья // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2013. № 1(15).
8. Foegeding E. A., Larick D. K. Tenderization of beef with bacterial collagenase. *Meat Science*. 1986, V. 18, no. 3, pp. 201–214.
9. Berge P., Ertbjerg P., Melchior Larsen L., Astruc T., Vignona X., Møller A.J. Tenderization of beef by lactic acid injected at different times post mortem. *Meat Science*. 2001. V. 57, no. 4, pp. 347–357.
10. Хамагаева И.С., Ханхалаева И.А., Заиграева Л.И. Использование пробиотических культур для производства колбасных изделий. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. 204 с.
11. Потрясов Н.В., Редькина Е.А., Патиева А.М. Разработка условий получения функциональных продуктов с использованием консорциумов микроорганизмов // Молодой ученый. 2014. № 7. С. 171–174.
12. Потрясов Н.В., Редькина Е.А., Патиева А.М. Изучение свойств готовой продукции функционального направления с использованием консорциумов микроорганизмов // Молодой ученый. 2014. № 7. С.174–177.
13. Kołozyn-Krajewska D., Dolatowski Z. J. Probiotics in fermented meat products. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2009, V. 8, no. 2, pp. 61–74.
14. Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. М.: Колос, 2004. 571 с.
15. Колодяжная В.С., Кипрушкина Е.И., Бараненко Д.А., Шестопалова И.А., Бройко Ю.В. Методология научных исследований в пищевой биотехнологии. СПб.: Университет ИТМО, 2019. 143 с.
16. Царегородцева Е.В. Изменение фракционного состава белков говядины при автолизе // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2013. С. 221–224.

References

1. Lisitsyn A.B., Neburchilova N.F., Petrunina I.V. Complex use of raw materials in the meat industry of the agro-industrial complex. *Food Industry*, 2016, no. 5, pp. 58–62 (*In Russian*).
2. Lisitsyn A.B., Neburchilova N.F., Gorbunova N.A. Promising directions for improving the efficiency of processing by-product raw materials of the meat industry. *Innovations in the intensification of production and processing of agricultural products*. Collection of proceedings. Volgograd, Sphere Publ., 2015, pp. 209–212 (*In Russian*).
3. Antipova L.V., Glotova I.A., Storulevtsev S.A., Boltykhov Yu.V. Biocatalytic processes in obtaining functional collagen-containing ingredients for the meat industry. *Promising biocatalysts for processing industries of agriculture*. Collection of proceedings. Moscow, All-Russian Research Institute of Food Biotechnology Publ., 2010, pp. 219–227 (*In Russian*).
4. Nesterenko A.A., Akopyan K.V. Biomodification of meat raw materials for the purpose of obtaining functional products. *Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*. 2014, no. 101(07) (*In Russian*).
5. Antipova L.V., Kosenko I.S. Investigation of the properties of proteolytic enzyme preparations. *Meat Industry*. 2010, no. 11, pp. 82–83 (*In Russian*).
6. Shestopalova I.A., Uvarova N.A. Fermentation of meat raw materials with an increased content of connective tissue. *Processes and Food Production Equipment*. 2014, no. 2 (*In Russian*).
7. Baranenko D.A. Technology of meat products from biomodified raw materials. *Processes and Food Production Equipment*. 2013, no. 1 (*In Russian*).
8. Foegeding E. A., Larick D. K. Tenderization of beef with bacterial collagenase. *Meat Science*. 1986, V. 18, no. 3, pp. 201–214.
9. Berge P., Erthjergb P., Melchior Larsenc L., Astrucc T., Vignona X., Møller A.J. Tenderization of beef by lactic acid injected at different times post mortem. *Meat Science*. 2001. V. 57, no. 4, pp. 347–357.
10. Khamagaeva I.S., Khankhalaeva I.A., Zagraeva L.I. *Use of probiotic cultures for sausage production*. Ulan-Ude, East Siberian State Technological University Publ., 2006. 204 p. (*In Russian*).
11. Potryasov N.V., Redkina E.A., Patieva A.M. Development of conditions for obtaining functional products using consortia of microorganisms. *Young Scientist*. 2014, no. 7, pp. 171–174 (*In Russian*).
12. Potryasov N.V., Redkina E.A., Patieva A.M. Studying the properties of finished products of the functional direction using consortia of microorganisms. *Young Scientist*. 2014, no. 7, pp. 174–177 (*In Russian*).
13. Kolożyn-Krajewska D., Dolatowski Z.J. Probiotics in fermented meat products. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2009, V. 8, no. 2, pp. 61–74.
14. Antipova L.V., Glotova I.A., Rogov I.A. *Methods of research of meat and meat products*. Moscow, Kolos Publ., 2004, 571 p. (*In Russian*).
15. Kolodyaznaya V.S., Kiprushkina E.I. Baranenko D.A., Shestopalova I.A., Broyko Y.V. *Research methodology in food biotechnology*. St. Petersburg, ITMO University Publ., 2019. 143 p. (*In Russian*).
16. Tsaregorodtseva E.V. Change in the fractional composition of beef proteins during autolysis. *Current Issues of Improving the Technology of Production and Processing of Agricultural Products*. 2013, pp. 221–224 (*In Russian*).

Статья поступила в редакцию 31.01.2020