

Биомодификация коллагенсодержащих субпродуктов методом ферментативного гидролиза

Т. М. Гиро*, С. С. Зубов, А. В. Яшин, А. В. Гиро, В. А. Преображенский

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова»,
Дата поступления в редакцию: 26.03.2019 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1
Дата принятия в печать: 21.06.2019

*e-mail: girotm@sgau.ru



© Т. М. Гиро, С. С. Зубов, А. В. Яшин, А. В. Гиро, В. А. Преображенский, 2019

Аннотация. Переработка малоценных субпродуктов в совокупности с биотехнологическими способами обработки, является оптимальным решением проблемы рационального использования вторичного сырья. С целью нивелирования специфического запаха, сокращения времени термообработки, повышения гидрофильности и снижения механической прочности бараньего рубца, авторами предложен способ его биотрансформации в присутствии молочной сыворотки и ферментного препарата протеолитического действия с последующим массажем. Выявлено, что ферментативное воздействие на соединительную ткань рубца способствует разрушению дисульфидных и водородных связей тройной спирали макромолекулы коллагена, существенно снижает механическую прочность и гидротермическую устойчивость коллагена, что сокращает время термообработки, повышает функционально-технологические свойства. Предложенный способ биотрансформации коллагенсодержащего сырья позволяет создавать экологичные и малоотходные технологии, включить в производственный процесс вторичные продукты убоя, производить продукты функциональной направленности.

Ключевые слова. Коллагенсодержащее сырье, ферментные препараты, биотрансформация, молочная сыворотка, функциональные продукты

Для цитирования: Биомодификация коллагенсодержащих субпродуктов методом ферментативного гидролиза / Т. М. Гиро, С. С. Зубов, А. В. Яшин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 262–269. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-262-269>.

Original article

Available online at <http://fppt.ru/end>

Biomodification of Collagen-Containing By-Products by Enzymatic Hydrolysis

T.M. Giro*, S.S. Zybov, A.V. Yashin, A.V. Giro, V.A. Preobrazhensky

Received: March 26, 2019
Accepted: June 21, 2019

Vavilov Saratov State Agrarian University,
1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia

*e-mail: girotm@sgau.ru



© T.M. Giro, S.S. Zybov, A.V. Yashin, A.V. Giro, V.A. Preobrazhensky, 2019

Abstract. Low-value by-products can be processed using biotechnological methods, which seems to be the optimal solution for the problem of rational use of secondary raw materials. The authors introduce a method of biotransformation using whey and enzyme preparation of proteolytic action with subsequent massaging. The method neutralizes the specific smell, reduces the time of heat treatment, increases hydrophilicity, and reduces the mechanical strength of mutton rumen tissue. The experiment proved that the enzymatic effect on the connective tissue of the mutton rumen contributes to the destruction of disulfide and hydrogen bonds of the triple helix of the collagen macromolecule. It significantly reduces the mechanical strength and hydrothermal stability of collagen, which, in its turn, reduces the heat treatment time while increasing the functional and technological properties. The research revealed an increase in collagen digestibility. After 4 hours of fermentation, it was 4.5%, after 6 hours – 5.9%, and after 8 hours – 5.9%. Hence, the optimal period of fermentation was determined as 6 hours, since between 6 and 8 hours the main physical and chemical parameters improved insignificantly. The experiment in the cutting pressure of the raw lamb rumen tissue demonstrated softening of the structure as a result of the effect of the acidic medium on the collagen structure. An excess positive charge formed due to the suppression of dissociation of carboxyl groups of side chains. The loosening of the collagen structure occurred due to the expansion of fibrils in the polar areas, which can be attributed to the repulsion between similarly charged groups. As a result, the brine penetrated into the expanded area and caused swelling. The use of whey and fermentation contributed to an additional increase in moisture-binding and moisture-holding capacity. It loosened the structure of proteins and, thus, increased the degree of penetration and the immobilized moisture in the rumen. As a result, its mass increased by 10–20%, and the heat loss reduced. The composition of the brine contributed to the swelling, increased the diameter of the collagen fibers, and enlarged the surface of interaction in

during massaging. Moisture was allowed to enter freely, which increased the water binding capacity by $22.2 \pm 0.31\%$. The increase in the water binding capacity could be explained by the modification of collagen and its destructive changes. The changes occurred due to the additional interaction of whey molecules with the protein and the formation of new intermolecular bonds. Fermentation, combined with the massaging of the tripe, contributed to the development of lactic microflora and hydrolytic decomposition of protein components, thereby reducing the heat treatment process. Such changes are associated not only with the processes of protein hydrolysis under enzyme preparation, but also with the complex activity of lactic acid bacteria, as well as endo- and exoenzymes that hydrolyze proteins. The changes can also be attributed to the fact that low-molecular protein substances can assimilate and contribute to bacterial growth. In addition, lactic acid reduces the pH of the medium, thus activating the enzymatic properties. The proposed method of biotransformation of collagen-containing raw materials makes it possible to create environmentally friendly and low-waste technologies.

Keywords. Collagen-containing raw materials, enzyme preparations, biotransformation, whey, functional products

For citation: Giro TM, Zybov SS, Yashin AV, Giro AV, Preobrazhensky VA. Biomodification of Collagen-Containing By-Products by Enzymatic Hydrolysis. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(2):262–269. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-262-269>.

Введение

Эффективным способом, обеспечивающим защиту окружающей среды от загрязнений при убое и переработке скота, является широкое внедрение ресурсосберегающих технологий, предусматривающих полную переработку вторичного сырья, обеспечивающих интенсификацию производственных процессов и высокую экономическую эффективность.

Малоценные продукты убоя скота являются превосходным источником дополнительного белка, имеют рациональный пищевой профиль, содержат биологически активные и жизненно важные минеральные вещества, обладают специфическими лечебными и профилактическими свойствами. Поэтому их переработка в совокупности с биотехнологическими способами может стать оптимальным решением проблемы производства специализированных продуктов диетического питания [1, 4].

Коллаген обладает рядом позитивных биологических и функциональных свойств (высокая влагосвязывающая способность, влагоудерживающая и текстурообразующая способности), позволяющих использовать его в различных пищевых системах. Коллаген, содержащийся в субпродуктах II категории, выполняет функцию пищевых волокон, которые регулируют метаболические процессы в организме. Продукты с высоким содержанием соединительной ткани отличаются низкой энергетической ценностью. Клейдающие вещества (глютин, желатин) активнее действует на пищеварение, оказывают благоприятное действие на состояние и функции полезной микрофлоры кишечника. Доказано, что при правильном подборе белоксодержащих ингредиентов мясные продукты могут содержать до 30 % коллагена от общего количества белка без существенного ущерба для биологической ценности их белковой системы [5, 6].

Учитывая постоянно возрастающую стоимость мясного сырья, переработка субпродуктов II категории в совокупности с биотехнологическими способами их обработки является оптимальным решением проблемы рационального использования побочного сырья и реальным способом обеспечения населения полноценными продуктами с нутриентно-адекватным уровнем макро- и микронутриентов.

Биотрансформация коллагенсодержащего сырья с использованием рассола на основе молочной сыворотки и ферментных препаратов является эффективным методом, значительно повышающим его биодоступность организму человека.

Вторичные продукты убоя сельскохозяйственных животных являются источником белков, в частности коллагена, пептидов и аминокислот. Ферментативная обработка коллагенсодержащего сырья позволяет получить пептиды и свободные аминокислоты, а также обеспечивает более мягкие условия протекания процесса по сравнению с другими видами гидролиза. Использование ферментов повышает скорость технологических процессов, ощутимо увеличивает выход готовой продукции, улучшает ее качество, экономит ценное сырье и снижает количество отходов [7–10].

Целью исследований является разработка метода биомодификации коллагенсодержащего сырья ферментативным гидролизом для использования соединительнотканых компонентов в производстве пищевых продуктов, решения проблемы дефицита животного белка, повышения рентабельности предприятий, обеспечения внутреннего рынка функциональными продуктами отечественного производства.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись коллагенсодержащие субпродукты, ферментный препарат протеолитического действия, деминерализованная подсырная сыворотка «Пугачевская» (ТУ 9223-002-89334231-2012), полученная на ООО «Пугачевские молочные продукты» (Саратовская область, г. Пугачев).

Исследования влияния ферментативной обработки на качество коллагенсодержащего сырья проводили на бараньем рубце мелкого рогатого скота. Выбор рубца в качестве объектов исследований проведен с учетом его значительных ресурсов, однородности химического состава, а также в связи с незначительным его использованием и неудовлетворительными функционально-технологическими и органолептическими свойствами.

Мышечный слой бараньего рубца более развит, чем в остальных отделах желудка. Кроме того, содержание полноценных белков в нем составляет около 58 %, что говорит о привлекательности этого вида сырья для пищевых целей.

Таблица 1. Влияние продолжительности гидролиза на физико-химические показатели бараньего рубца

Table 1. Effect of hydrolysis time on the physico-chemical characteristics of lamb rumen

Показатели	Продолжительность гидролиза рубца				
	0 ч (контроль)	4 ч	6 ч	8 ч	12 ч
Влага, %	78,41 ± 3,06	77,12 ± 3,11	78,15 ± 3,41	79,4 ± 4,01	78,12 ± 3,07
Белок, %	11,4 ± 0,53	11,3 ± 0,51	12,0 ± 0,65	12,1 ± 0,56	12,9 ± 0,63
Оксипролин, %	0,252 ± 0,01	0,223 ± 0,01	0,260 ± 0,01	0,267 ± 0,01	0,288 ± 0,01
Развариваемость коллагена, %	94,4 ± 4,72	98,6 ± 4,93	99,8 ± 4,94	100,0 ± 5,00	100,0 ± 5,00
pH	7,12 ± 0,36	7,01 ± 0,35	7,03 ± 0,33	6,94 ± 0,35	7,30 ± 0,37

Экспериментальные исследования проводили на кафедре технологии производства и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и в лаборатории гигиены производства и микробиологии Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова (г. Москва).

Для исследований физико-химических, микробиологических и органолептических показателей использовали стандартные методы в соответствии с требованиями Технических регламентов Таможенного Союза: ТР ТС № 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», ТР ТС № 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [2, 3].

С целью нивелирования специфического запаха, сокращения времени термообработки, повышения гидрофильности и снижения механической прочности бараньего рубца разработан способ его предварительной подготовки методом ферментативного гидролиза в присутствии деминерализованной подсырной сыворотки «Пугачевская» и препарата Протепсина-150, которые обладает протеолитической и коллагеназной активностями с последующим массажем.

Выбор энзимного препарата животного происхождения – Протепсин®150 (в количестве 0,01–0,005 % к массе продукта) обоснован тем, что он содержит комплекс кислых протеиназ, предназначенный для обработки низкосортного мясного сырья. Ферментный состав препарата сбалансирован по степени воздействия на различные белки мяса и мясных систем, применяющихся в технологии мясных продуктов. Протепсин работает в мясной системе аналогично внутриклеточным ферментам (катепсинам). Он является их синергистом и обладает дополнительными качествами, которые позволяют ему воздействовать в более широком диапазоне технологических параметров, а также влиять на белковые системы, на которые внутриклеточные ферменты не действуют или оказывают действие в незначительной степени. При выборе препарата нами были учтены оптимум действия ферментов, природа их активаторов и ингибиторов, специфичность к разрыву пептидных связей при гидролизе животных белков.

С целью рационального выбора технологических режимов был проанализирован рабочий диапазон действия препарата Протепсин-150 и его влияние на свойства основных белков. Для повышения эффективности препарата из состава рассола были исключены аддитивы, подавляющие коллагензную активность Протепсина. Критериями выбора

ферментного препарата стала его доступность, невысокая стоимость и эффективность протекания протеолитических процессов, а также способность ингибировать нежелательную микрофлору и образовывать ароматические соединения [6].

Для проведения ферментации был разработан состав рассола, основой которого являлась деминерализованная подсырная сыворотка «Пугачевская». Сыворотка увеличивает водосвязывающую способность коллагенсодержащего сырья, выход оказывает положительное действие на консистенцию, вкус и аромат. Ее использование позволило снизить содержание поваренной соли и исключить фосфаты. Для приготовления рассола в подсырной сыворотке с температурой 35–36 °С растворяли препарат Протепсин-150 из расчета 1 г на 10 кг коллагенсодержащих субпродуктов, перемешивали и выдерживали в течение 30 минут. Готовый рассол содержал небольшое количество белого осадка на дне и имел слегка мутноватый опалесцирующий цвет. Затем рубец бараний заливали приготовленным рассолом при соотношении рубец: рассол 1:2 и массажили в массажере в течение 4, 6, 8, 12 часов. Время ферментации устанавливали по объективным показателям.

Результаты и их обсуждение

Для оценки влияния предложенного метода биомодификации бараньего рубца изучено влияние продолжительности гидролиза на физико-химические показатели, усилие резания и уровень микробиологической обсемененности опытных и контрольных образцов.

Исследования зависимости физико-химических показателей от продолжительности процесса ферментативного гидролиза и массажирования бараньего рубца представлены в таблице 1.

Исследования выявили увеличение развариваемости коллагена: после ферментации 4 ч – 4,5 %; 6 ч – 5,9 %; 8 ч – 5,9 % (табл. 1). На основании полученных данных была выбрана продолжительность процесса – 6 ч, так как прирост основных физико-химических показателей к 8 ч модификации был незначительным.

Результаты изучения химического состава показали, что метод ферментативного гидролиза способствует повышению содержания белка в рубце, т. е. оптимизирует пищевую.

С целью оценки влияния ферментативной обработки и массажирования на консистенцию проведены исследования усилия резания рубца. Метод основан

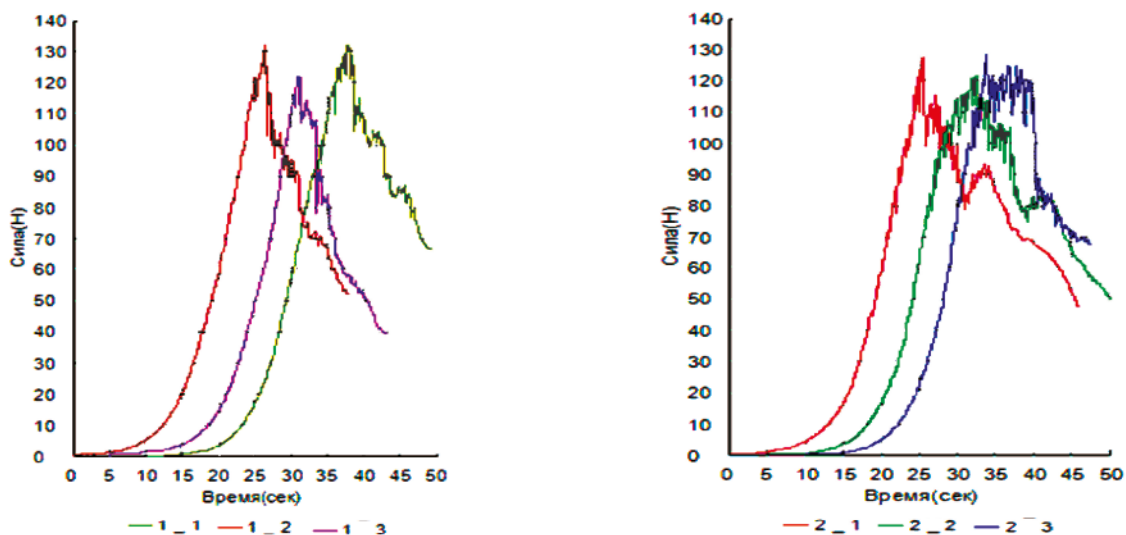


Рисунок 1. Напряженне резания (а) нативного и (б) ферментированного рубца

Figure 1. Cutting pressure of (a) native and (b) fermented rumen tissue

на прохождении режущего органа через образец, выполненный в форме параллелепипеда длиной 5 мм и имеющего на срезе форму квадрата с длиной стороны 20 мм, с постоянной скоростью 50 мм/мин.

Экспериментальные данные исследований усилия резания сырого бараньего рубца, массированного в рассоле на основе подсырной сыворотки с добавлением ферментного препарата Протеписина-150, показали размягчение структуры. На основании полученных данных можно полагать, что предложенный метод биотрансформации заметно снижает усилия резания опытных образцов относительно контрольных, о чем свидетельствуют величины напряженния среза образцов рубца (рис. 1).

Это происходит из-за того, что кислая среда в структуре коллагена рубца формирует избыточный положительный заряд вследствие подавления диссоциации карбоксильных групп боковых цепей. Структура коллагена разрыхляется за счет расшире-

ния фибрилл в полярных областях из-за отталкивания одноименно заряженных групп. В расширенные области поступает рассол и происходит набухание.

Термообработку ферментированного рубца осуществляли в течение 120 мин при температуре 90–95 °С в воде и в растворе поваренной соли с концентрацией в количестве 2,5 %. Степень жесткости рубца определяли через каждые 20 мин термической обработки (рис. 2).

Отмечено, что добавление поваренной соли способствовало эффекту размягчения рубца и снижению гидротермической устойчивости коллагена. Наиболее интенсивное размягчение рубца происходило в течение первых 60 мин термообработки. Анализ снижения скорости изменения величины усилия резания рубца позволили установить, что оптимальное время термообработки составляет 60 минут (рис. 2).

Результаты химического состава нативного и вареного бараньего рубца представлены в таблице 2.

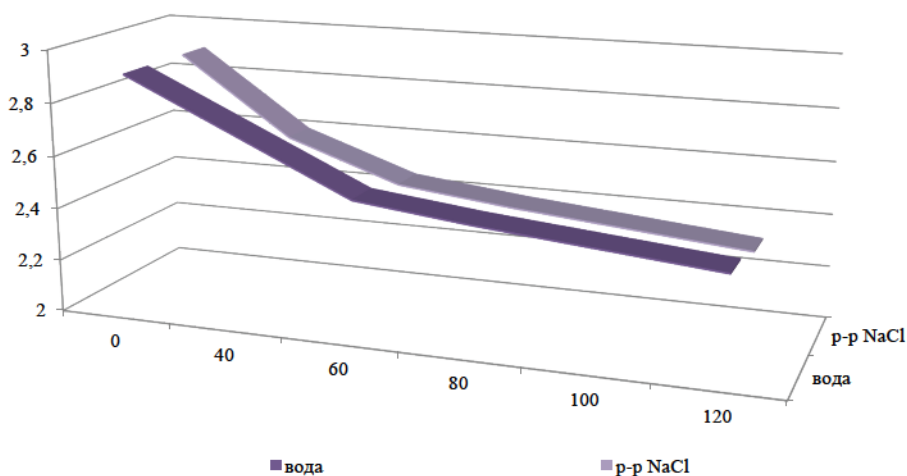


Рисунок 2. Изменение усилия резания рубца в зависимости от продолжительности термообработки в воде и растворе NaCl

Figure 2. Dynamics of the cutting pressure according to the heat treatment time in water and NaCl solution

Таблица 2. Сравнительный химический состав нативного и вареного рубца, подвергнутого ферментативному гидролизу

Table 2. Comparative chemical composition of native and boiled rumen tissue, subjected to enzymatic hydrolysis

Образец	Массовая доля, %			
	влаги	белка	жира	зола
Сырой рубец	75,7 ± 3,2	15,9 ± 0,9	5,8 ± 0,2	1,7 ± 0,2
Вареный бараний рубец	79,9 ± 2,9	13,8 ± 1,1	4,7 ± 0,3	1,6 ± 0,3

Технологические параметры процесса гидратации рубца подтвердили эффективность замены воды молочной сывороткой вследствие того, что величина активной кислотности сыворотки превышает значения, свойственные бараньему рубцу. В результате происходит смещение величины рН в сторону нейтральных значений и дополнительное повышение его влагосвязывающей и влагоудерживающей способности. Препарат Протепсин-150 повышает водосвязывающую способность и гидратацию белков. Это приводит к разрушению структуры белков, повышению степени пенетрации, увеличению иммобилизованной влаги в мясе и возрастанию его массы на 10–20 %. При последующей тепловой обработке потери веса мясной системы уменьшаются (рис. 3) [12].

Доказано, что обработка рубца протеолитическим ферментным препаратом с последующей выдержкой в молочной сыворотке и массажем улучшают его функционально-технологические характеристики значительно повышают его влаго- и жиродерживающую способность, выход, что является важным в его использования в технологии фаршевых мясопродуктов (рис. 3).

Использование молочной сыворотки в составе рассола способствует набуханию и увеличению диаметра волокон коллагена, общая поверхность взаимодействия в процессе массажа увеличивается. Влага из свободной переходит в поверхностно-связанную, о чем свидетельствует повышение влагосвязывающей способности (ВСС) на $22,2 \pm 0,31$ % (рис. 3). Увеличение ВСС объясняется тем, что при модификации коллагена происходят его деструктивные изменения. При этом молекулы молочной сыворотки

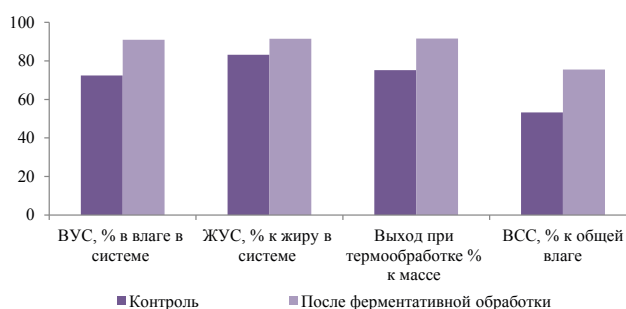


Рисунок 3. Функционально-технологические показатели нативного и ферментированного бараньего рубца

Figure 3. Functional and technological indicators of native and fermented rumen tissue

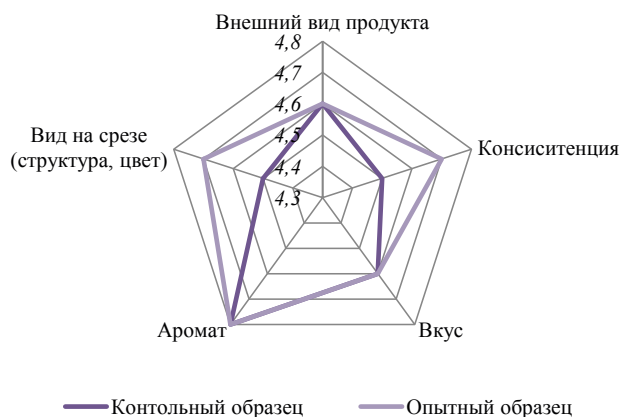


Рисунок 4. Диаграмма сенсорной оценки нативного и ферментированного рубца

Figure 4. Diagram of sensory evaluation of native and fermented rumen tissue

дополнительно взаимодействуют с белком и, вновь образовавшимися, межмолекулярными связями [13].

Бараний рубец, обработанный по предлагаемой технологии, характеризуется более высокими органолептическими показателями, такими как белый цвет, мягкая консистенция, отсутствие постороннего вкуса и запаха (рис. 4).

Молочнокислая микрофлора, содержащаяся в сыворотке, способна образовывать ароматические соединения. Это обеспечивает более высокие сенсорные показатели ферментированного рубца [14].

Учитывая, что бараний рубец является сырьем с высокой контаминацией, исследовали микробиологические показатели рубца после термообработки, хранившегося в течение 3 суток (длительность хранения принята с учетом производственной необходимости) при температуре 2–4 °С.

Общая микробиальная обсемененность рубца соответствует требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/20В) (табл. 3) [2]. Хорошее санитарное состояние рубца объясняется тем, что молочная сыворотка обладает способностью ингибировать нежелательную микрофлору и снижает обсемененность рубца.

Ферментация, в сочетании с массажем субпродуктов, способствует развитию молочнокислой микрофлоры и гидролитическому распаду белковых компонентов. В результате сокращается процесс термообработки. Использование рассола на основе подсырной сыворотки в результате воздействия бактерии рода *Lactobacillus* повышало эффективность гидролиза коллагена.

Таблица 3. Микробиологические показатели вареного бараньего рубца

Table 3. Microbiological indicators of the boiled rumen tissue

Показатели	Длительность хранения вареного рубца			
	0	24	48	72
КМАФАМ, КОЕ/г	$1,0 \times 10^3$	$3,4 \times 10^3$	$5,4 \times 10^3$	10×10^3

Возможно, такие изменения белка связаны не только с процессами гидролиза белка под действием ферментного препарата Протепсина-150, но и со сложной жизнедеятельностью молочнокислых бактерий, содержащихся в подсырной сыворотке: наличием эндо- и экзоферментов, гидролизующих белки; способностью ассимилировать низкомолекулярные белковые вещества для роста бактерий; способностью продуцировать молочную кислоту и снижать рН среды, создавая условия для активизации ферментативной активности препарата.

Выводы

Совокупные данные влияния предварительной подготовки бараньего рубца показали положительное влияние на функционально-технологические свойства, химический состав, усилие резания, микроструктуру и микробиологическую обсемененность опытных образцов. Это позволяет сделать выводы о перспективности его использования в технологии мясопродуктов.

При использовании в составе рассола молочной сыворотки отпадает необходимость проведения последующей нейтрализации среды, в отличие от способов, когда применяется кислотный, либо щелочной гидролиз, снижающий органолептические свойства

конечных продуктов, а также разрушающие многие аминокислоты в процессе обработки.

Приятные вкус и текстура бараньего рубца позволяют рекомендовать его для использования в производстве мясных изделий.

Переработка субпродуктов II категории не только обеспечит переход предприятий на безотходные технологии, но и станет оптимальным решением проблемы производства продуктов специального питания для профилактики дисмикробиоэлементоза, людей склонных к повышенной массе тела, населения экологически неблагоприятных регионов. Молочнокислые бактерии, содержащиеся в подсырной сыворотке, обладают выраженным антагонизмом к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам, что не маловажно для профилактики болезней желудочно-кишечного тракта людей.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что статья не содержит клеветнических высказываний и не посягает на права (включая без ограничений авторское право или права на патент или торговую марку) других лиц и не содержит материалы или инструкции, которые могут причинить вред или ущерб третьим лицам и их публикация не приведет к разглашению секретных или конфиденциальных сведений (включая государственную тайну).

Список литературы

1. «Основы государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 года».
2. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499050564>. – Дата обращения: 14.05.2018.
3. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902320560>. – Дата обращения: 14.05.2018.
4. Ферменты промышленного назначения – обзор рынка ферментных препаратов и перспективы его развития / А. А. Толкачева, Д. А. Черенков, О. С. Корнеева [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79, № 4 (74). – С. 197–203. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-197-203>.
5. Антипова, Л. В. Ферментные технологии в развитие отечественного производства перерабатывающих отраслей АПК / Л. В. Антипова // «Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов»: сборник трудов конференции / Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии РАСН. – М, 2016. – С. 61–66.
6. Плахотина, М. С. Микробные ферментные препараты для животноводства / М. С. Плахотина, В. Н. Неустроева, Л. А. Литвина // «Проблемы биологии и биотехнологии»: сборник трудов конференции научного общества студентов и аспирантов биолого-технологического факультета / Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск, 2017. – С. 166–170.
7. Использование экзогенных ферментных препаратов в технологии мясных продуктов / Э. Ш. Юнусов, В. Я. Пономарев, А. З. Каримов [и др.] // Вестник казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 22. – С. 119–121.
8. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference.
9. Драгунова, М. М. Метод переработки вторичного коллагенсодержащего сырья с использованием дрожжей *Clavispora lusitanae* Y3723 / М. М. Драгунова, В. П. Брехова // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – Т. 32, № 1. – С. 18–21.
10. Разработка технологии переработки коллагенсодержащих отходов мясоперерабатывающей промышленности в функциональную кормовую добавку для животных сельскохозяйственного сектора / М. М. Драгунова, А. Ю. Просеков, О. В. Кригер [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2014. – Т. 98, № 11. – С. 203–206.
11. Preparation and thermal stability of collagen from scales of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) / C.-M. Li, Z.-H. Zhong, O.-H. Wan [et al.] // European Food Research and Technology. – 2008. – Vol. 227. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0869-z>.
12. Isolation and characterization of collagen from the skin of deep-sea redfish (*Sebastes mentella*) / L. Wang, X. An, Z. Xin [et al.] // Journal of Food Science. – 2007. – Vol. 72, № 8. – P. 450–455. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00478.x>

13. Tuna pepsin: characteristics and its use for collagen extraction from the skin of threadfin bream (*Nemipterus spp.*) / S. Nalinanon, S. Benjakul, W. Visessanguan [et al.] // Journal of Food Science. – 2008. – Vol. 73, № 5. – P. 413–419. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00777.x>.

14. Isolation and partial characterization of pepsin- soluble collagen from the skin of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) / Y. Zhang, W. Liu, G. Li [et al.] // Food Chemistry. – 2007. – Vol. 103, № 3. – P. 906–912. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.053>.

References

1. ‘Osnovy gosudarstvennoy politiki RF v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya na period do 2020 goda’ [‘Basic State Policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition for the period up to 2020’].

2. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza ‘O bezopasnosti myasa i myasnoy produktsii’ (TR TS 034/2013) [Technical regulations of the Customs Union ‘On the security of meat and meat products’ (TR CU 034/2013)] [Internet]. [cited 2018 May 14]. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/499050564>.

3. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza ‘O bezopasnosti pishchevoy produktsii’ (TR TS 021/2011) [Technical regulations of the Customs Union ‘On food product safety’ (TR CU 021/2011)] [Internet]. [cited 2018 May 14]. Available from: <http://docs.cntd.ru/document/902320560>.

4. Tolkacheva AA, Cherenkov DA, Korneeva OS, Ponomarev PG. Enzymes of industrial purpose - review of the market of enzyme preparations and prospects for its development. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2017;79(4)(74):197–203. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-197-203>.

5. Antipova LV. Fermentnye tekhnologii v razvitie otechestvennogo proizvodstva pererabatyvayushchikh otrasley APK [Enzyme technologies in the development of domestic production of the processing industries in the agro-industrial complex]. ‘Perspektivnye fermentnye preparaty i biotekhnologicheskie protsessy v tekhnologiyakh produktov pitaniya i kormov’ sbornik trudov konferentsii’ [‘Advantageous enzyme preparations and biotechnological processes in food and feed technologies’: conference proceedings]; Moscow; 2016. Moscow: Russian Scientific-Research Institute of Food Biotechnology of Russian Agricultural Sciences Academy; 2016. p. 61–66. (In Russ.).

6. Plakhotina MS, Neustroeva VN, Litvina LA. Mikrobye fermentnye preparaty dlya zhivotnovodstva [Microbial enzyme preparations for animal husbandry]. ‘Problemy biologii i biotekhnologii’: sbornik trudov konferentsii nauchnogo obshchestva studentov i aspirantov biologo-tekhnologicheskogo fakul'teta [‘Problems of Biology and Biotechnology’: Proceedings of the conference conducted by the scientific community of students and postgraduates of the Department of Biology and Technology]; 2017; Novosibirsk. Novosibirsk: Novosibirsk State Agrarian University; 2017. p. 166–170. (In Russ.).

7. Yunusov EhSh, Ponomarev VYa, Karimov AZ, Bezzubova EV, Ezhkova GO. Ispol'zovanie ehkzogennykh fermentnykh preparatov v tekhnologii myasnykh produktov [Exogenous enzyme preparations in the technology of meat products]. Bulletin of the Technological University. 2012;15(22):119–121. (In Russ.).

8. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference.

9. Dragunova MM, Brehova VP. Method of secondary collagen - containing raw material processing using *Clavispora Lusitaniae* Y3723 yeast. Food Processing: Techniques and Technology. 2014;32(1):18–21. (In Russ.).

10. Dragunova MM, Prosekov AYu, Milentyeva IS, Krieger OV, Linnik AI. The technology development for processing of the meat processing industry collagen-containing wastes into the functional feed additive. The Bulletin of KrasGAU. 2014;98(11):203–206.

11. Li C-M, Zhong Z-H, Wan O-H, Zhao H, Gu H-F, Xiong S-B. Preparation and thermal stability of collagen from scales of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). European Food Research and Technology. 2008;227. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0869-z>.


12. Wang L, An X, Xin Z, Zhao L, Hu Q. Isolation and characterization of collagen from the skin of deep-sea redfish (*Sebastes mentella*). Journal of Food Science. 2007;72(8):450–455. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00478.x>.

13. Nalinanon S, Benjakul S, Visessanguan W, Kishimura H. Tuna pepsin: characteristics and its use for collagen extraction from the skin of threadfin bream (*Nemipterus spp.*). Journal of Food Science. 2008;73(5):413–419. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00777.x>.

14. Zhang Y, Liu W, Li G, Shi B, Miao Y, Wu X. Isolation and partial characterization of pepsin- soluble collagen from the skin of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Food Chemistry. 2007;103(3):906–912. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.053>.


Сведения об авторах

Гиро Татьяна Михайловна

д-р техн. наук, профессор кафедры технологий производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: +7 (960) 342-30-16, e-mail: girotm@sgau.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3039-1324>

Information about the authors


Tatiana M. Giro

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: +7 (960) 342-30-16, e-mail: girotm@sgau.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3039-1324>

Зубов Сергей Сергеевич

аспирант кафедры технологий производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: + 7 (908) 559-02-39, e-mail: zubovss0@yandex.ru

Яшин Александр Вячеславович

магистрант кафедры технологий производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: + 7 (937) 262-6-044, e-mail: saleks917@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-9670-0567>

Гиро Анна Валерьевна

аспирант кафедры технологий производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: + 7(937) 026-28-22, e-mail: giroannasgau@gmail.com


Преображенский Виталий Александрович

студент кафедры технологий производства и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: + 7 (960) 349-39-03, e-mail: preobrazhenskii.vitalii@mail.ru

Sergey S. Zubov

Postgraduate Student of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: + 7 (908) 559-02-39, e-mail: zubovss0@yandex.ru

Alexander V. Yashin

Master of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: + 7 (937) 262-6-044, e-mail: saleks917@bk.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-9670-0567>

Anna V. Giro

Postgraduate Student of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: + 7(937) 026-28-22, e-mail: giroannasgau@gmail.com

Vitalii A. Preobrazhenskii

Student of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: + 7 (960) 349-39-03, e-mail: preobrazhenskii.vitalii@mail.ru