

ПОЛУЧЕНИЕ БЕЛКОВОГО ГИДРОЛИЗАТА ИЗ ВТОРИЧНОГО МЯСНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ОБОГАЩЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Н.С. МАШАНОВА 

(«Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина»,
Казахстан, 010011, г. Астана, пр. Жеңіс 62)

Электронная почта автора корреспондента: kmakangali@mail.ru*

Заболевания опорно-двигательного аппарата являются наиболее распространенными у пожилых людей. Для профилактики и снижения риска таких заболеваний широко применяются гидролизаты коллагена, полученные из животного сырья. Эффективность гидролизатов коллагена как самостоятельного продукта и в составе пищевых продуктов была подтверждена. Проведено исследование технологического процесса получения гидролизатов из недорогостоящего сырья, такого как шерстные субпродукты, с применением ферментативного гидролиза. Основная цель исследования заключалась в выявлении факторов, влияющих на накопление продуктов гидролиза. Для достижения этой цели были оптимизированы основные параметры гидролиза, включая продолжительность процесса, температурный режим и количество фермента, добавляемого в процессе. Полученный белковый гидролизат содержит высокую концентрацию глицина – 27,160 %, 13,317 %, 13,216 %, валин и пролин показали почти одинаковый высокий уровень – 16 %, 10 %, 8,8 %, аланин – 10,494 %, 7,022 %, 6,681 %, аргинин – 6,173%, 3,874 %, 6,021 % в зависимости от сырья. Результаты исследований показали, что оптимальные параметры получения гидролизата были достигнуты при использовании ферментного препарата в количестве 5% от общей массы, температура 45 °С, продолжительность гидролиза 24 часа. Гидролизат, полученный в результате данного процесса, может послужить основой для производства функциональных продуктов, которые предназначены для пожилых людей.

Ключевые слова: гидролизат, субпродукты, пищевая ценность, мясные продукты, влагосвязывающая способность.

ТАҒАМ ӨНІМДЕРІН БАЙЫТУ ҮШІН ЕКІНШІЛІК ЕТ ШИКІЗАТЫНАН АҚУЫЗ ГИДРОЛИЗАТЫН АЛУ

Н.С. МАШАНОВА

(«КеАҚ «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті»,
Қазақстан Республикасы, 010000, Астана, Жеңіс 62)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: kmakangali@mail.ru*

Тірек-қимыл аппаратының аурулары егде жастағы адамдарда жиі кездеседі. Мұндай аурулардың алдын алу және қауіпін азайту үшін жануарлар шикізатынан алынған коллаген гидролизаттары кеңінен қолданылады. Коллаген гидролизаттары жеке қолдануда да, тамақ өнімдерінде де тиімділігін көрсетті. Ферментативті гидролизді қолдана отырып, жүнді субөнімдер сияқты арзан шикізаттан гидролизаттарды алудың технологиялық процесіне зерттеу жүргізілді. Зерттеудің негізгі мақсаты гидролиз өнімдерінің жиналуына әсер ететін факторларды анықтау болды. Осы мақсатқа жету үшін гидролиздің негізгі параметрлері, соның ішінде процесінің ұзақтығы, температура режимі және процесіне қосылатын фермент мөлшері оңтайландырылды. Алынған ақуыз гидролизатында глициннің жоғары концентрациясы бар – 27,160 %, 13,317 %, 13,216 %, валин мен пролин бірдей жоғары деңгейді көрсетті – 16 %, 10 %, 8,8 %, аланин – 10,494 %, 7,022 %, 6,681 %, аргинин-шикізатқа байланысты 6,173%, 3,874%, 6,021%. Зерттеу нәтижелері ферменттік препаратты шикізат массасының 5% мөлшерінде және өңдеу режимінде қолданған кезде гидролизат алудың оңтайлы параметрлеріне қол жеткізілгенін көрсетті: температура 45°С, гидролиздің ұзақтығы 24 сағат. Алынған гидролизатты егде жастағы адамдарға арналған функционалды өнімдер өндірісінің негізі ретінде пайдалануға болады.

Негізгі сөздер: гидролизат, субөнімдер, тағамдық құндылығы, ет өнімдері, ылғал байланыстыру қабілеті.

OBTAINING PROTEIN HYDROLYSATE FROM SECONDARY MEAT RAW MATERIALS FOR FOOD ENRICHMENT

N.S. MASHANOVA

(JSC «S.Seifullin Kazakh agrotechnical research university», Kazakhstan, 010011, Astana, Zhenis ave. 62)

Corresponding author e-mail: kmakangali@mail.ru*

Diseases of the musculoskeletal system are the most common in the elderly. Collagen hydrolysates obtained from animal raw materials are widely used to prevent and reduce the risk of such diseases. The effectiveness of collagen hydrolysates as an independent product and as part of food products has been confirmed. A study of the technological process of obtaining hydrolysates from inexpensive raw materials, such as wool by-products, using enzymatic hydrolysis. The main purpose of the study was to identify factors affecting the accumulation of hydrolysis products. To achieve this goal, the main parameters of hydrolysis were optimized, including the duration of the process, the temperature regime and the amount of enzyme added in the process. The resulting protein hydrolysate contains a high concentration of glycine – 27,160 %, 13,317 %, 13,216 %, valine and proline showed almost the same high level – 16 %, 10 %, 8,8 %, alanin – 10,494 %, 7,022 %, 6,681 %, arginine – 6,173%, 3,874%, 6,021% depending on raw materials. The results of the studies showed that the optimal parameters for obtaining hydrolysate were achieved using an enzyme preparation in an amount of 5% of the total mass, temperature 45 ° C, duration of hydrolysis 24 hours. The hydrolysate obtained as a result of this process can serve as the basis for the production of functional products that are intended for the elderly.

Keywords: hydrolysate, by-products, nutritional value, meat products, moisture binding capacity.

Введение

В современном мире проблема утилизации субпродуктов, возникающих в процессе пищевого производства, становится все более актуальной [1]. Субпродукты, такие как кости, кожа, внутренности, и другие органы животных, долгое время рассматривались как отходы, но с развитием технологий переработки они приобретают новое значение как ценные источники пищевых компонентов и функциональных ингредиентов [2].

Субпродукты могут быть переработаны с использованием технологий механической обработки, таких как измельчение и экстракция [3]. Измельчение позволяет получить мелкодисперсные частицы, которые могут быть использованы в различных продуктах, таких как пасты, соусы или колбасные изделия [4]. Экстракция позволяет извлечь ценные компоненты, такие как жиры, витамины или минералы, и использовать их в пищевой промышленности [5].

Одним из наиболее распространенных методов переработки субпродуктов является гидролиз [6]. Применение ферментов или кислотных реагентов позволяет разрушить сложные структуры белков, коллагена и других полимеров, присутствующих в субпродуктах, и получить гидролизаты белков [7]. Гидролизаты богаты пептидами и аминокислотами, которые обладают биологической ак-

тивностью и могут быть использованы в пищевых продуктах или добавках [8].

Таким образом, целью научного исследования является применение ферментативного гидролиза субпродуктов, что позволит эффективно разрушить белковые структуры и получить биологически активные пептиды и аминокислоты с повышенными функциональными свойствами, позволяющие получить белковый гидролизат, используемый в мясной промышленности.

Материалы и методы исследований

Для экспериментальных исследований были отобраны образцы говяжьих ног с путовым суставом.

Проведено исследование действия ферментных препаратов на соединительно-тканное сырье, используя говяжьи ноги, которые были обработаны согласно традиционной технологии обработки мясокостных субпродуктов на предприятиях мясоперерабатывающей отрасли.

Процесс обработки включал следующие шаги: ноги с путовым суставом были измельчены ленточной пилой на диски шириной 15-20 мм и массой 50-85 г. После этого к сырью были применены ферментные препараты для дальнейшего изучения их воздействия на соединительные ткани, содержащиеся в говяжьих ногах. Согласно литературным данным и с учетом того, что ферментативный гидролиз белков происходит в водной среде, в данной работе было принято решение провести обез-

жирование мясокостного сырья с использованием влажного метода.

Для этого к 100 г ножек было добавлено 200 мл дистиллированной воды, а затем суспензия была нагрета в течение 40-45 минут при температуре 95-98 °С. Выделившийся жир был удален. После этого кости были удалены с обезжиренных ножек, а мякотная часть была измельчена на волчке диаметром 5 мм. Далее измельченное сырье отправили в емкость для ферментации.

Для эффективного гидролиза белковых субстратов важно выбрать оптимальную концентрацию фермента. Это играет ключевую роль в процессе гидролиза, так как недостаточное количество фермента может замедлить или даже полностью остановить реакцию гидролиза, а избыточное количество может привести к нежелательным побочным эффектам. Поэтому в дальнейшем для подбора концентрации фермента, ссылаясь на литературные данные были выбраны две концентрации фермента: 1%, 5% ферментом BLT 7 и коммерческой Protease from *Bacillus licheniformis* (далее PS).

Были исследованы 6 образцов мяса через 3 ч, 24, 36 и 48 ч в 2 повторностях. Наименование образцов:

1.Ноги говяжьих (далее ноги) (контрольный отрицательный образец K⁻, 150 grm Climo-Shaker ISF1-X)

2.Ноги (контрольный положительный образец K⁺, 150 grm Climo-Shaker ISF1-X, обработанный 0,1% ферментом коммерческая Protease from *Bacillus licheniformis* (далее PS)

3.Ноги №1 (опытный образец, обработанный 1% ферментом BLT 7, без шейкерования)

4.Ноги №2 (опытный образец, обработанный 1% ферментом BLT 7, 150 grm Climo-Shaker ISF1-X)

5.Ноги №3 (опытный образец, обработанный 5% ферментом BLT 7, без шейкерования)

6.Ноги №4 (опытный образец, обработанный 5% ферментом BLT 7, 150 grm Climo-Shaker ISF1-X)

Условия, при которых проводили гидролиз: температура - 45°С, продолжительность - 48 часов.

Содержание сухих веществ определяли методом сушки. Температура высушивания 90°С, продолжительность 30 минут (прибор VIBRA). Продолжительность ферментативного гидролиза 3,24,36,48 часов, температура 45°С.

Определение содержания аминного азота проводили по Методике формольного титрования. Определение содержания общего азота и массовой доли белка согласно ГОСТ 23327-98.

Обзор литературы

Одним из наиболее широко изучаемых ферментов является протеаза. Протеазы, такие как папаин из папайи, бромелайн из ананаса и протеазы микробного происхождения, демонстрируют эффективное действие при гидролизе субпродуктов. Гидролиз субпродуктов с использованием папаина привел к высокому содержанию пептидов с антиоксидантной активностью [9].

Кроме протеаз, литературные исследования также отмечают эффективность других ферментов при гидролизе субпродуктов. Например, гидролиз субпродуктов с использованием щелочных протеаз и эндопептидаз, таких как алькалинная протеаза и термолитин показали, что эти ферменты способствуют высвобождению биологически активных пептидов из субпродуктов [10].

Другое интересное направление исследований – это применение энзимных смесей для гидролиза субпродуктов. Гидролиз субпродуктов говядины с использованием коммерческой энзимной смеси, включающей протеазы, липазы и целлюлазы. Результаты показали, что такая энзимная смесь эффективно гидролизовала субпродукты говядины и обогатила полученный гидролизат пептидами и свободными аминокислотами [11].

В целом, литературные исследования указывают на многообещающий потенциал гидролиза субпродуктов с использованием различных ферментов. Это позволяет получать белковые гидролизаты с высоким содержанием пептидов и аминокислот, которые могут быть использованы в пищевой промышленности для создания функциональных продуктов. Дальнейшие исследования в этой области будут способствовать развитию новых методов гидролиза и оптимизации процессов для повышения качества и эффективности переработки субпродуктов.

Одним из важных аспектов переработки субпродуктов является их безопасность и качество. Специалисты активно исследуют возможности устранения нежелательных веществ, таких как токсины или тяжелые металлы, и разрабатывают методы, которые обеспечивают безопасность и высокое качество получаемых продуктов [12].

Несмотря на значительные преимущества переработки субпродуктов, все еще существуют некоторые вызовы, такие как высокие затраты на оборудование и процессы, а также проблемы, связанные с утилизацией отходов, возникающих в процессе переработки. Однако, с развитием инновационных технологий и повышением осведомленности об экологической важности переработки субпродуктов, эти вызовы могут быть преодолены.

Переработка субпродуктов представляет собой перспективное направление в пищевой промышленности. Она позволяет эффективно использовать ресурсы, уменьшить отходы и создать продукты со значительным пищевым и экономическим потенциалом. Дальнейшие исследования и разработки в этой области сосредоточены на повышении эффективности и безопасности процессов переработки субпродуктов для удовлетворения потребностей пищевой индустрии и потребителей.

Результаты и их обсуждение

Разработан метод предварительной обработки говяжьих ног с путовым суставом, который направлен на сокращение времени созревания, увеличение гидрофильности и снижение механической прочности. Данный метод основан на использовании ферментативного гидролиза с применением ферментного препарата, включающего коммерческую PS и энзиматический экстракт BLT7. Энзиматический экстракт BLT7 получен путем культивирования на минимальной перьевой среде. Его отличительными особенностями является протеолитическая и коллагеназная активность.

Выбор ферментного препарата, полученного от животного сырья, например, энзиматического экстракта BLT7, в первую очередь, обусловлен возможностью наиболее успешно обрабатывать вторичное мясное сырье. Этот препарат содержит комплекс кислых протеиназ, воздействующих на различные белки, присутствующие в мясе, и используются в технологии производства мясных продуктов. Кроме того, экстракт BLT7 синергетически взаимодействует с внутриклеточными ферментами и обладает дополнительными свойствами.

Был разработан метод предварительной обработки говяжьих ног с путовым суставом с

целью ускорения созревания, а также повышения гидрофильности и снижения механической прочности. Этот метод основан на использовании ферментативного гидролиза с использованием ферментного препарата, который включает коммерческую PS и энзиматический экстракт BLT7. Энзиматический экстракт BLT7 получен путем выращивания на минимальной перьевой среде и обладает протеолитической и коллагеназной активностью.

Результаты исследования определения сухих веществ показывают, что в опытных образцах после обработки ферментом с течением времени наблюдается колебание количества сухих веществ. Например, через 3 ч после обработки ферментом 0,1% ферментом PS количество сухих веществ 0,1649; через 24 ч – 0,096; через 48 ч – 0,1016. Ноги №2 опытный образец, обработанный 1% ферментом BLT 7 через 3 ч после - 0,0345, через 24 ч - 0,09, через 48 ч – 0,0798. Ноги №4 (опытный образец, обработанный 5% ферментом BLT 7, 150 rpm Climo-Shaker ISF1-X) через 3 ч после - 0,0429, через 24 ч - 0,095, через 48 ч - 0,0794 (табл. 1).

Данные результаты по говядине свидетельствуют о идентичном действии ферментов коммерческой *Protease from Bacillus licheniformis* и BLT 7.

В ходе экспериментальных исследований были изучены факторы, влияющие на накопление продуктов гидролиза говяжьих ног с путовым суставом. Внимание было уделено основным параметрам гидролиза, таким как температурный режим, продолжительность процесса, количество внесенного фермента. Дальнейшим планом является использование полученного гидролизата в качестве основы для разработки функциональных продуктов, предназначенных для пожилых людей. Эти функциональные продукты питания будут способствовать улучшению состояния и поддержанию здоровья пожилых людей, предоставляя им необходимые пептиды и аминокислоты для оптимального функционирования опорно-двигательной системы. Для определения оптимальных параметров гидролиза было определено количество аминного азота (рис. 1)

Таблица 1 - Результаты исследований говяжьих ног на содержание сухих веществ

№	Наименование образцов	Продолжительность выдержки мясного сырья (ноги – 3 ч)		Продолжительность выдержки мясного сырья (ноги – 24 ч)		Продолжительность выдержки мясного сырья (ноги – 36 ч)		Продолжительность выдержки мясного сырья (ноги – 48 ч)	
		Масса сухих веществ	Среднее кол-во сухих веществ	Масса сухих веществ	Среднее кол-во сухих веществ	Масса сухих веществ	Среднее кол-во сухих веществ	Масса сухих веществ	Среднее кол-во сухих веществ
1	Ноги (контрольный отрицательный образец К, 150 rpm Climo-Shaker ISF1-X)	мс.в.1=0,0174 g мс.в.2=0,021 g	m=0,0192 g	мс.в.1=0,0659 g мс.в.2=0,089 g	m=0,07745 g	мс.в.1=0,0777 g мс.в.2=0,0749 g	m=0,0763 g	мс.в.1=0,0915 g мс.в.2=0,0876 g	m=0,1791 g
2	Ноги (контрольный положительный образец К+, 150 rpm Climo-Shaker ISF1-X, обработанный 0,1% ферментом PS)	мс.в.3=0,0263 g мс.в.4=0,0667 g	m=0,1649 g	мс.в.3=0,0689 g мс.в.4=0,1226 g	m=0,096 g	мс.в.3=0,0892 g мс.в.4=0,089 g	m=0,0891 g	мс.в.3=0,1104 g мс.в.4=0,0927 g	m=0,1016 g
3	Ноги №1 (опытный образец, обработанный 1% ферментом BLT 7, без шейкерирования)	мс.в.5=0,0297 g мс.в.6=0,0337 g	m=0,0317 g	мс.в.5=0,0739 g мс.в.6=0,0089 g	m=0,0414 g	мс.в.5=0,0641 g мс.в.6=0,0632 g	m=0,0637 g	мс.в.5=0,0875 g мс.в.6=0,0922 g	m=0,0899 g
4	Ноги №2 (опытный образец, обработанный 1% ферментом BLT 7, 150 rpm Climo-Shaker ISF1-X)	мс.в.7=0,0338 g мс.в.8=0,0352 g	m=0,0345 g	мс.в.7=0,0847 g мс.в.8=0,0954 g	m=0,09g	мс.в.7=0,067 g мс.в.8=0,0699 g	m=0,0685 g	мс.в.7=0,078 g мс.в.8=0,0815 g	m=0,0798 g
5	Ноги №3 (опытный образец, обработанный 5% ферментом BLT 7, без шейкерирования)	мс.в.9=0,0326 g мс.в.10=0,034 g	m=0,03345 g	мс.в.9=0,0696 g мс.в.10=0,067 g	m=0,0685 g	мс.в.9=0,0692 g мс.в.10=0,0691 g	m=0,0692 g	мс.в.9=0,0773 g мс.в.10=0,0791 g	m=0,0782 g
6	Ноги №4 (опытный образец, обработанный 5% ферментом BLT 7, 150 rpm Climo-Shaker ISF1-X)	мс.в.11=0,042 g мс.в.12=0,044 g	m=0,0429 g	мс.в.11=0,0928 g мс.в.12=0,0972 g	m=0,095 g	мс.в.11=0,075 g мс.в.12=0,074 g	m=0,0745 g	мс.в.11=0,0805 g мс.в.12=0,0783 g	m=0,0794 g

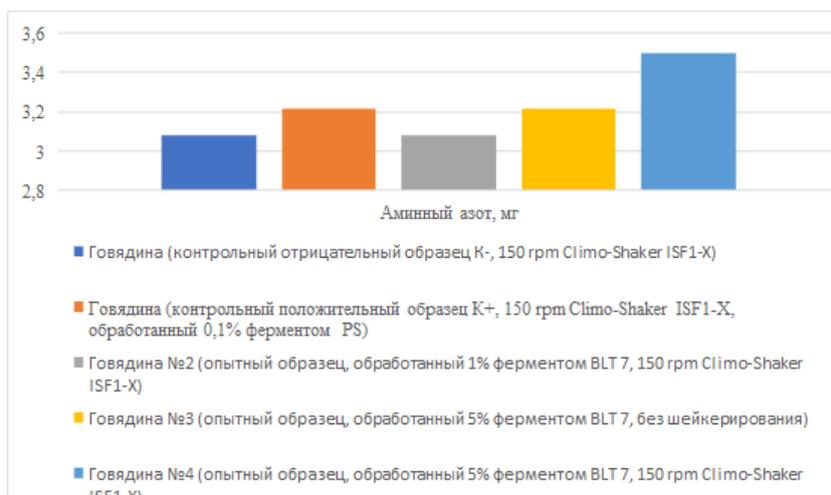


Рисунок 1 - Результаты определения аминного азота, мг

На рисунке 1 показано накопление аминного азота в зависимости от количества вносимого ферментного препарата. Установлено, что максимальная степень гидролиза достигается при температуре 45 °С, продолжительность 24 ч при внесении 5% ферментного препарата.

Целью полученного гидролизата является достижение высокой степени расщепления белка с преобладанием аминокислот, таких как пролин, глицин и других аминокислот (рис 2).

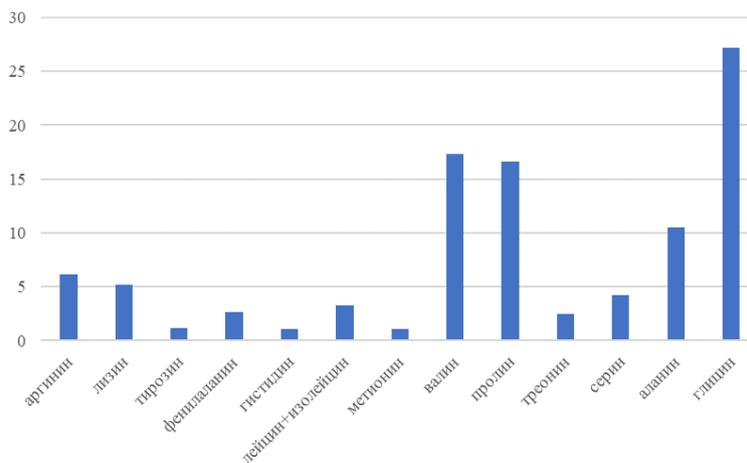


Рисунок 2 – Содержание аминокислот белкового гидролизата

Аминокислотный состав является важной характеристикой полученных гидролизатов (рис 2). Наблюдается значительное присутствие пролина и глицина, что характерно для высокого содержания коллагена. Помимо этого, гидролизаты содержат серосодержащие аминокислоты, а также тирозин и фенилаланин.

Во время исследования активной кислотности (рН) наблюдалось ее стабильность и идентичный окрас индикаторов. Например, в ходе исследования было обнаружено, что при использовании ферментов происходит более

быстрое понижение рН в сравнении с контрольным образцом.

В результате этого процесса достигается более быстрое формирование необходимой консистенции продукта. Например, в контрольном положительном образце К+, обработанном 0,1% ферментом PS при скорости вращения 150 об/мин на Climo-Shaker ISF1-X, рН равен 6,5. В то время как в других опытных образцах рН достигает значения 7.

Регулирование рН имеет важное значение в процессе производства различных мяс-

ных изделий по нескольким причинам. Один из аспектов связан с процессом затвердевания колбасного фарша. Низкое значение рН является ключевым для этого процесса. При пониженных значениях рН, близких к 5,5, происходит набухание коллагена, гидролиз межмолекулярных связей и активация клеточных ферментов, особенно катепсинов. Это способствует формированию желаемой консистенции и текстуры продукта. Кроме того, быстрое и непрерывное снижение рН фарша до значений около 5,5 является важным для предотвращения развития патогенных и токсикогенных бактерий в продукте. Низкое рН создает неблагоприятную среду для развития таких микроорганизмов, помогая обеспечить безопасность и стабильность мясных изделий.

Таким образом, использование ферментов в процессе обработки говяжьих ног с плечевым суставом может способствовать контролируемому изменению рН, что важно для получения желаемой консистенции и предотвращения развития вредоносных микроорганизмов.

В результате исследований, во всех образцах, обработанных 1%, 5% ферментом BLT 7 и коммерческой Protease from *Bacillus licheniformis* (PS) соответственно, по истечении 24 часов был достигнут гидролиз белков. При увеличении времени гидролиза больше чем 24 часов, появился посторонний запах в образцах. Таким образом, в результате серии экспериментов в качестве фермента для получения белкового гидролизата был выбран 5% BLT 7.

Результаты анализа аминокислотного состава белковых гидролизатов свидетельствуют об их высоких потенциальных возможностях использования для обогащения мясных продуктов геродиетического назначения. Данные исследования показывают перспективность переработки низкосортного сырья.

Аминокислоты в питании пожилого человека играют особую роль, каждая из кислот имеют свои специфические функциональные свойства [13]. Например, лизин обеспечивает должное усвоение кальция, участвует в образовании коллагена [14]. К известным нутрицевтикам относится аргинин, который обладает иммуномоделирующим воздействием на организм, являющийся мощным стимулятором секреции инсулина [15]. Пролин способствует формированию здоровых суставов, сухожилий, связок и сердечной мышцы, глицин - стимулирует иммунную систему, улучшает память, помогает при мышечной дистрофии [16].

Заключение, выводы

С целью эффективного гидролиза шерстных субпродуктов установлены параметры предварительной термической обработки при температуре 95-98°C, в течении 45-50 минут. Для осуществления эффективного гидролиза белковых субстратов были выбраны две концентрации фермента: 1%, 5% ферментом BLT 7 и коммерческой Protease from *Bacillus licheniformis* (далее PS). Были исследованы 6 образцов мяса через 3 ч, 24, 36 и 48 ч в 2 повторностях. Обоснована эффективность применения 5% BLT 7 в качестве ферментного препарата, обеспечивающего гидролиз белков шерстных субпродуктов. Установлено оптимальное время гидролиза – 24 часа при температуре 45°C. Таким образом, исследование процесса гидролиза белоксодержащего сырья с применением ферментного препарата позволило выявить оптимальные параметры получения пищевого гидролизата. Учитывая его потенциал в профилактике заболеваний опорно-двигательной системы, планируется дальнейшая разработка функционального продукта.

Благодарность, конфликт интересов (финансирование)

Данное исследование профинансировано Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан (BR10764998).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sharma S.K., Mangal A.K. Utilization of food processing by-products as dietary, functional, and novel fiber: A review. //Critical Reviews. Food Science and Nutrition. – №56 (2015):1647–1661.
2. Godfray H.C.J., Lawrence D., Muir J.F., Pretty J., Robinson S., Thomas S.M., Toulmin C. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. Science. – № 327 (2010): 812–818.
3. Fan S., Brzeska J. Sustainable food security and nutrition: Demystifying conventional beliefs. //Global Food Security. – №11 (2016): 11–16.
4. Menrad K. Market and marketing of functional food in Europe.// Journal of Food Engineering. – №56 (2003): 181–188.
5. Nimitkeatkai, H., Pasada, K., & Jarerat, A. Incorporation of Tapioca Starch and Wheat Flour on Physicochemical Properties and Sensory Attributes of Meat-Based Snacks from Beef Scraps. Foods. – №11(2022): 1034-1039.
6. Vidal A., Ferreira T., Mello R., Schmidt M., Kubota E., Demiate I., Zielinski A., Prestes Dornelles R. Effects of enzymatic hydrolysis (Flavourzyme®) assisted by ultrasound in the structural and functional properties of hydrolyzates from different bovine collagens. Food Science and Technology. – № 38 (2018): 49-57.

7. Delgado-Pando G., Ekonomou S. I., Stratakos A. C., Pintado T. Clean Label Alternatives in Meat Products. *Foods*. – № 7(2021): 1615-1618.
8. Villamil O., Váquiro H., Solanilla J. F. Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties. // *Food Chemistry*. – № 224 (2017): 160-171.
9. Chang, Y.H. Proteolytic hydrolysis of fish by-products for the production of bioactive peptides. // *Marine drugs*. -№ 17(2019): 453-459.
10. Kim, S.Y. Preparation and identification of bioactive peptides from fish by-product protein hydrolysates using an endo-peptidase and an exo-peptidase. // *Food chemistry*. - № 242(2018): 118-124.
11. Ma, J. Enzymatic hydrolysis of bovine by-products using commercial enzyme mixture [Text]/ *Waste Management*. -№101(2020): 184-191.
12. Benitez, V., Molla, E., Martin-Cabrejas, M., Aquilera, A., Lopez-Andreu, F., and Cools, K. Characterization of industrial onion wastes (*Allium cepa* L.): Dietary fiber and bioactive compounds. *PI Foods Hum. Nutr.* -№ 66(2011): 48–57.
13. Stackhouse, R. J., Apple, J. K., Yancey, J. W. S., Keys, C. A., Johnson, T. M., & Mehall, L. N. Postrigor citric acid enhancement can alter cooked color but not fresh color of dark-cutting beef1// *Journal of Animal Science*. - № 94(2016): 1738–1754.
14. Górska-Warsewicz, H., Laskowski, W., Kulykovets, O., Kudlińska-Chylak, A., Czczotko, M., & Rejman, K. Food Products as Sources of Protein and Amino Acids—The Case of Poland. *Nutrients*. - №10(2018): 1977-1981.
15. Ten Haaf D., van Dongen E., Nuijten M., Eijsvogels T., de Groot L., Hopman M. Protein Intake and Distribution in Relation to Physical Functioning and Quality of Life in Community-Dwelling Elderly People: Acknowledging the Role of Physical Activity. *Nutrients*. -№10(2018): 506-508.
16. Uauy R., Kurpad A., Tano-Debrah K., Otoo G.E., Aaron G.A., Toride Y., Ghosh S. Role of Protein and Amino Acids in Infant and Young Child Nutrition: Protein and Amino Acid Needs and Relationship with Child Growth//*Journal of Nutrition Sciences of Vitaminology*. -№61(2015): 192–194.