

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЕРМЕНТОВ НА ГИДРОЛИЗ БЕЛКОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВОГО ГИДРОЛИЗАТА

Г.Е. СЫДЫКОВА , З.Т. СМАГУЛОВА , Е.Н. МОИСЕЕВА 

(Семейский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Республика Казахстан, 071410, г. Семей, ул. Байтұрсынова, 29)

Электронная почта автора-корреспондента: s.gulzhamal65@mail.ru*

Целью работы является разработка технологических режимов и параметров получения сухого пептона на основе гидролиза белка с повышенной биологической активностью. Основными направлениями исследования являются исследования по изучению влияния гидролизующего действия ферментного комплекса животных протеаз на изменение свойств мясного и рыбного сырья. В статье представлены результаты изучения влияния длительности гидролиза на качество белкового гидролизата. Были определены оптимальные технологические режимы и параметры ферментативного гидролиза сырья (концентрации субстратов и ферментов, величина pH, температура, время процесса) для достижения глубины гидролиза. Исследованы физико-химические, органолептические, биохимические показатели гидролизата. Установлено, что показатели качества белкового гидролизата соответствуют требованиям нормативных документов. В исследованиях применялись общепринятые химические, органолептические, биохимические методы. Результаты исследований будут использованы при гидролизе белка при переработке животноводческого сырья. Вовлечение побочных продуктов в производство позволяет извлекать все ценные компоненты сырья. Практическая значимость работы заключается в получении высококачественного гидролизата с оптимальными физико-химическими и биохимическими свойствами, с использованием ферментативно-кислотного способа обработки белковосодержащего сырья, позволяющего увеличить глубину гидролиза и обеспечить выход целевого продукта.

Ключевые слова: ферментное сырье убойных животных, субпродукты, рыбное сырье, гидролиз, гидролизат белка, пептон.

АҚУЫЗ ГИДРОЛИЗАТЫН АЛУ ҮШІН ФЕРМЕНТТЕРДІҢ АҚУЫЗ ГИДРОЛИЗИНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Г.Е. СЫДЫКОВА*, З.Т. СМАГУЛОВА, Е.Н. МОИСЕЕВА

(«Қазақ өнеркәсіпті қайта өңдеу және азықтық ғылыми-зерттеу институты»
ЖШС Семей филиалы, Қазақстан Республикасы, 071410, Семей қ., Байтұрсынов к., 29)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: s.gulzhamal65@mail.ru*

Жұмыстың мақсаты ақуыз гидролизі негізінде биологиялық белсенділігі жоғары құрғақ пептон алудың технологиялық режимдері мен параметрлерін әзірлеу болып табылады. Зерттеудің негізгі бағыттары ет және балық шикізаттары қасиеттерінің өзгеруіне жануарлар протеазаларының ферменттік кешенінің гидролиздеу әсерін зерттеу болып табылады. Бұл мақалада гидролиз ұзақтығының ақуыз гидролизатының сапасына әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Гидролиз тереңдігіне жету үшін шикізаттың ферментативті гидролизінің оңтайлы технологиялық режимдері мен параметрлері (субстраттар мен ферменттердің концентрациясы, pH мәні, температура, процесс уақыты) анықталды. Гидролизаттың физика-химиялық, органолептикалық, биохимиялық көрсеткіштері зерттелді. Ақуыз гидролизатының сапа көрсеткіштері нормативтік құжаттардың талаптарына сәйкес екендігі анықталды. Зерттеулерде жалпы қабылданған химиялық, органолептикалық, биохимиялық әдістер қолданылды. Зерттеу нәтижелері мал шикізатын өңдеу барысында ақуыз гидролизін алу үрдісінде қолданылады. Жанама өнімдерді өндіріске бейімдеу шикізаттың құрамындағы құнды компоненттерін барынша толық бөліп алуға мүмкіндік береді. Жұмыстың практикалық маңыздылығы гидролиздің тереңдігін арттыруға және мақсатты өнімнің шығуын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін ақуызды шикізатты өңдеудің ферментативті-қышқылдық әдісін

қолдана отырып, оңтайлы физика-химиялық және биохимиялық қасиеттері бар жоғары сапалы гидролизат алу болып табылады.

Негізгі сөздер: сойылған жануарлардың ферменттік шикізаты, субөнімдер, балық шикізаты, гидролиз, ақуыз гидролизаты, пептон.

STUDY OF THE EFFECT OF ENZYMES ON PROTEIN HYDROLYSIS TO OBTAIN PROTEIN HYDROLYSATE

G.E. SYDYKOVA*, Z.T. SMAGULOVA, E.N. MOISEEVA

(Semey branch of the LLP «Kazakh science research institute of processing and food industry»,
Kazakhstan, 071410, Semey, 29 Baitursynov St.)
Corresponding author e-mail: s.gulzhamal65@mail.ru*

The aim of the work is to develop technological modes and parameters for obtaining dry peptone based on protein hydrolysis with increased biological activity. The main areas of research are studies on the influence of the hydrolyzing action of the enzyme complex of animal proteases on changes in the properties of meat and fish raw materials. The article presents the results of studying the effect of hydrolysis duration on the quality of protein hydrolysate. Optimal technological modes and parameters of enzymatic hydrolysis of raw materials (substrate and enzyme concentrations, pH value, temperature, process time) are determined to achieve the depth of hydrolysis. The physicochemical, organoleptic, and biochemical parameters of the hydrolysate were studied. It was established that the quality parameters of the protein hydrolysate correspond to the requirements of regulatory documents. The studies used generally accepted chemical, organoleptic, and biochemical methods. The research results will be used in protein hydrolysis during the processing of livestock raw materials. Involving by-products in production allows for the maximum extraction of all valuable components of raw materials. The practical significance of the work lies in obtaining a high-quality hydrolysate with optimal physicochemical and biochemical properties, using an enzymatic-acid method of processing protein-containing raw materials, which allows increasing the depth of hydrolysis and ensuring the yield of the target product.

Keywords: enzyme raw materials of slaughter animals, offal, fish raw materials, hydrolysis, protein hydrolysate, peptone.

Введение

Использование побочных продуктов убоя в мясном производстве позволяет максимально и комплексно извлекать все ценные компоненты сырья, превращая их в полезные продукты.

Пептон является одним из главных компонентов питательных сред, востребованных в микробиологической отрасли и биотехнологии. В пищевой, микробиологической, фармацевтической промышленности наиболее распространен белковый (протеиновый) гидролизат - частично расщепленный белок, который представляет собой фрагменты из нескольких связанных аминокислот [1].

Большинство питательных основ и сред получают из белковых гидролизатов, используя продукты животного или растительного происхождения (С.П. Рогожин, Л.Я. Телишевская, И.Г. Шептун, 1986; Л.Я. Телишевская, 2000; Л.С. Лабинская, Л.П. Блинкова, А.С. Ещина, 2004).

Для получения белковых гидролизатов используют collagenсодержащие отходы. Полипептиды collagenа содержат большое содержание глицина, аланина, пролина, гидроксипролина и глутаминовой кислоты, принимающих активное участие в биосинтезе аминокислот, но малое количество метионина, тирозина и гистидина [2, 3].

Однако приготовление гидролизатов collagenа НММ часто затрудняется их особой структурой, сшиванием и гидроксипролином [4].

Интерес к использованию рыбы в качестве источника биоактивных пептидов растет в последние годы. Показано, что биоактивные пептиды можно использовать в качестве ингредиентов в продуктах питания, нутрицевтиках и фармацевтических препаратах [5].

Доступность, высокая биологическая ценность, содержание в рыбе комплекса витаминов группы В и низкое содержание углеводов позволяют

использовать ее для получения дифференциально-диагностических сред.

Обычным способом получения пептона является двухстадийный ферментативный гидролиз пищевого сырья второй категории - рубцов желудков, летошки, фибрина крови сельскохозяйственных животных. В качестве ферментов используют ферменты животного происхождения: пепсин, химотрипсин или панкреатин, необходимые для медицинской практики и пищевой промышленности [6].

Для получения белковых гидролизатов с низкой и средней степенью конверсии белка используют ферменты животного и микробного происхождения [7, 8]. Из ферментов животного происхождения используют пепсин, трипсин, α -химотрипсин [9].

Наиболее близки по свойствам к ферментам желудочно-кишечного тракта человека ферменты, выделяемые из организма свиней [10].

Для гидролиза животного сырья в мясной промышленности применяют препараты, являющиеся источником комплекса кислых и нейтральных протеаз, которые в технологии производства оказывают направленное воздействие на качество продукции и ее усвояемость, одновременно обеспечивая эффективную переработку используемых сырьевых ресурсов [11].

Протеазы с коллагенолитической активностью имеют огромное значение из-за их промышленного и биологического применения. Микробные коллагенолитические протеазы привлекают внимание из-за их более низких требований и более высокой производительности [12].

При выборе катализатора обращают внимание на протеолитическую активность ферментных препаратов, которая характеризует степень расщепления белков в мясопродуктах. Такой подход важен для повышения качественных характеристик малоценного в пищевом отношении коллагенсодержащего сырья [13].

Основными способами осуществления гидролиза являются: ферментативный, кислотный и ферментативно-кислотный [14, 15].

Кислотный - наиболее простой и дешевый способ деления белка, энзимный (ферментативный) более дорогой метод изготовления гидролизата, приближенный к естественному процессу пищеварения.

В Казахстане отсутствует производство пептона. В республике имеется потенциал ресурсов

животноводческого сырья, вовлечение в технологический процесс вторичных сырьевых ресурсов является предпосылкой к созданию безотходных перерабатывающих производств, позволяет получить разнообразные продукты пищевого назначения.

В этом направлении, получение пептона с глубокой степенью конверсии белковой составляющей из сырьевых отходов пищевой промышленности является актуальным.

Однако качество вырабатываемых изделий снижается из-за наличия внеклеточных примесей и низкой биологической активности пептона. Низкая биологическая активность пептона обусловлена низкой степенью расщепления белка, вследствие чего уменьшается выход готового продукта и ухудшаются физико-химические и биологические свойства пептонов.

Известно, что качество пептона в значительной степени зависит от способа его получения, являющегося одним из трудоемких и длительных. В связи с этим, возникает необходимость в разработке методов их переработки с поиском новых способов воздействия на вторичное белковое сырье с целью вовлечения их в производство высококачественной продукции.

Таким образом, создание новых технологических решений, основанных на целенаправленном использовании ферментных систем биологических объектов является перспективным направлением реализации биотехнологических методов в перерабатывающей промышленности.

Цель: разработать технологические режимы и параметры получения сухого пептона на основе гидролиза белка с повышенной биологической активностью.

Практическая значимость работы заключается в получении высококачественного пептона с оптимальными физико-химическими и биохимическими свойствами, с использованием ферментативно-кислотного способа обработки белкосодержащего животного сырья, позволяющего максимально и комплексно извлекать ценные компоненты сырья, увеличить глубину гидролиза и обеспечить выход целевого продукта.

Материалы и методы исследований

В рамках исследования изучено влияние гидролизующего действия ферментного комплекса животных протеаз на изменение свойств мясного и рыбного сырья.

Экспериментальные исследования по обработке условий проведения процесса гидролиза белкового сырья проведены в лабораторных условиях СФ ТОО КНИИППП и ИП Рахимов Ж.М. (область Абай, г.Семей).

Объекты исследования: ферментное сырье убойных животных - поджелудочная железа КРС и МРС, свиные желудки (слизистая оболочка), желудок КРС (слизистая оболочка рубца), желудок МРС (слизистая оболочка рубца); внутренние органы (легкое КРС); рыбное сырье (лещ, окунь); процесс гидролиза (ферментативный); параметры гидролиза, гидролизат белка, физико-химические исследования, органолептическая оценка.

С целью определения оптимальных технологических режимов и параметров ферментативного гидролиза сырья определена концентрация субстратов и ферментов, величина pH, температура, время процесса.

Ферментативный гидролиз белкового субстрата проводят при температуре 45V0C, продолжительностью гидролиза 71±1 часов с использованием ферментного комплекса животных протеаз, концентрация ферментов от 5 до 15% и pH 6,9-7,2.

В качестве ферментативного комплекса используют поджелудочную железу КРС и МРС, слизистую оболочку свиных желудков и сычугов КРС предварительно измельченных на волчке с диаметром решетки 5 мм. Для исследования взято 4 различных соотношения животных протеаз: соотношение поджелудочной железы и слизистой оболочки свиных желудков 1:1; 1:2, 1:3, 1:4.

Качество гидролиза и белкового гидролизата оценивали по следующим показателям: органолептические показатели (ГОСТ 29311-92), pH (ГОСТ 32165-2013), общий азот (ГОСТ 20730), аминный азот (ГОСТ 20730), сухое вещество (ГОСТ 33319-2015), степень (коэффициент) гидролиза белка по формуле, ВСС методом прессования по Грау-Хамма; вязкость с помощью вискозиметра ротационного цифрового ВРЦ.

Результаты и их обсуждение

Установлено, что при обработке ферментативным комплексом в соотношении 1:1, 1:2, 1:3 при концентрации 5, 10 и 15%, при температуре 45V0C наблюдается умеренная коагуляция белков, о чем свидетельствуют полученные данные. Результаты исследования приведены на рисунках 1-3.

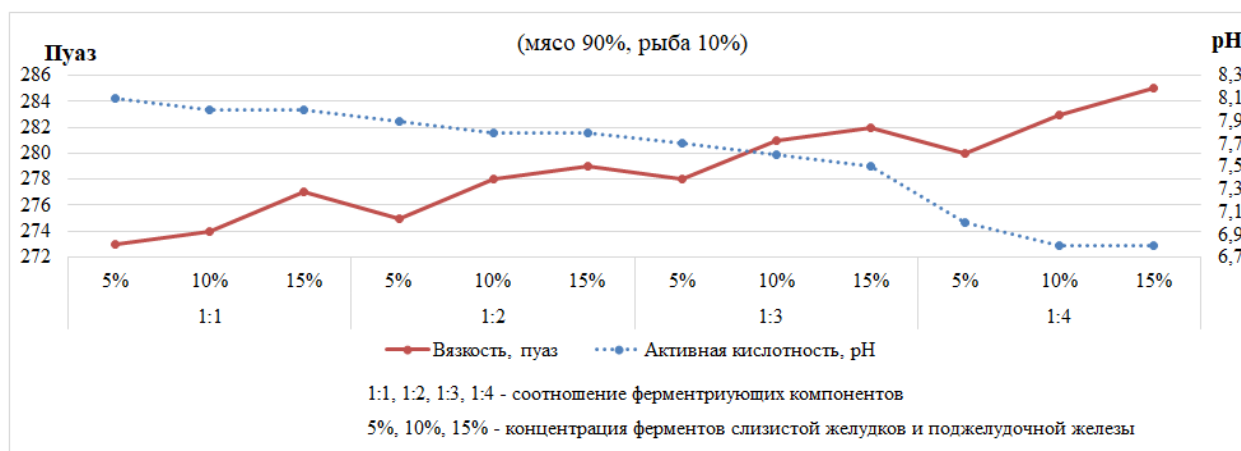
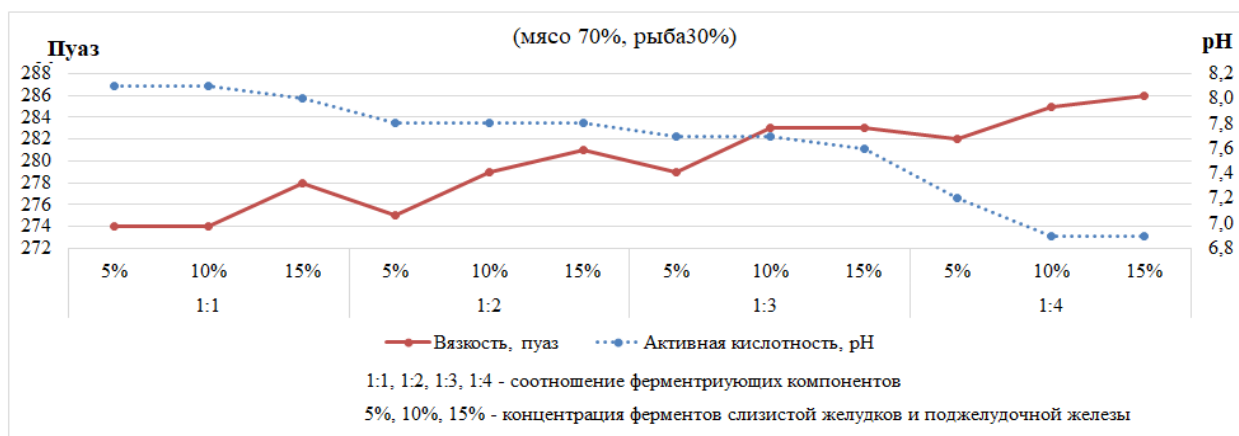
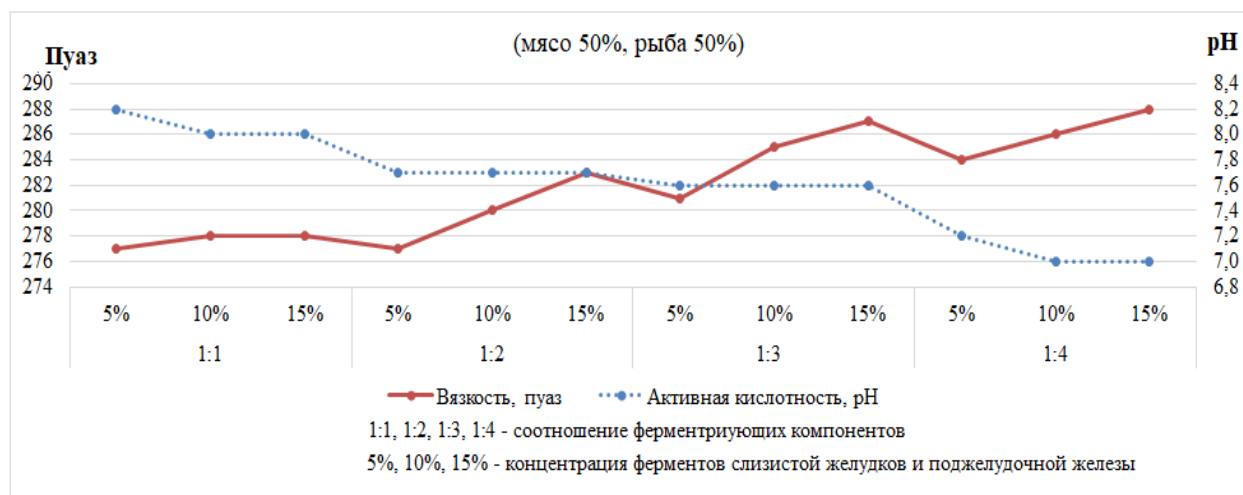


Рисунок 1. Влияние протеолитической активности и концентрации ферментов на pH и вязкость при t=45°C в варианте 1

Рисунок 2. Влияние протеолитической активности и концентрации ферментов на pH и вязкость при $t=45^{\circ}\text{C}$ в варианте 2Рисунок 3. Влияние протеолитической активности и концентрации ферментов на pH и вязкость при $t=45^{\circ}\text{C}$ в варианте 3

Активная кислотность во всех трех вариантах с разным соотношением рыбного сырья от 10 до 30% меняется в среднем от pH 8,2 до 7,5 ед, влагосвязывающая способность в среднем от 78 до 80,6%, вязкость в среднем от 274 Пуаз до 287 Пуаз. Консистенция гидролизата с содержанием рыбы в количестве 10% слегка вязкая, однородная; с содержанием рыбы в количестве 30% - умеренно вязкая, однородная; с содержанием рыбы в количестве 50% - вязкая, неоднородная, со сгустками и хлопьевидным осадком. При обработке ферментным комплексом в соотношении поджелудочной железы и слизистой оболочки свиных желудков 1:4 при концентрации 5, 10 и 15% гидролиз проходит значительно активнее с расщеплением белковых, межмолекулярных связей, что подтверждается результатами исследований. Активная кислотность во всех трех вариантах с

различным соотношением рыбного сырья от 10 до 30% меняется в среднем от pH 7,2 до 6,8 ед, влагосвязывающая способность в среднем от 80,8 до 81,5%, вязкость в среднем от 280 Пуаз до 288 Пуаз. Консистенция гидролиза с содержанием рыбы 10% вязкая, однородная; с содержанием рыбы 30%-умеренно вязкая, однородная, без сгустков и отделения жидкости; с содержанием рыбы 50%-вязкая, неоднородная.

Установлено, что при соотношении рыбного сырья в количестве от 10 до 50% и мясного сырья, наиболее активным гидролизующим действием обладает ферментативный комплекс поджелудочной железы и слизистой оболочки свиных желудков в соотношении 1:4, с концентрацией 10%, при температуре 45°C и pH - 6,9 ед. и соотношением рыбы к мясному сырью не более 30%. Показано, что интенсивность протеолиза

возрастает с увеличением концентрации ферментативного комплекса; накопление аминного азота в процессе гидролиза прямо пропорционально значению концентрации используемых ферментов.

Выбрано оптимальное соотношение фермента к субстрату. Определены показатели, характеризующие степень гидролиза. Данные исследований приведены на рисунках 4-6.

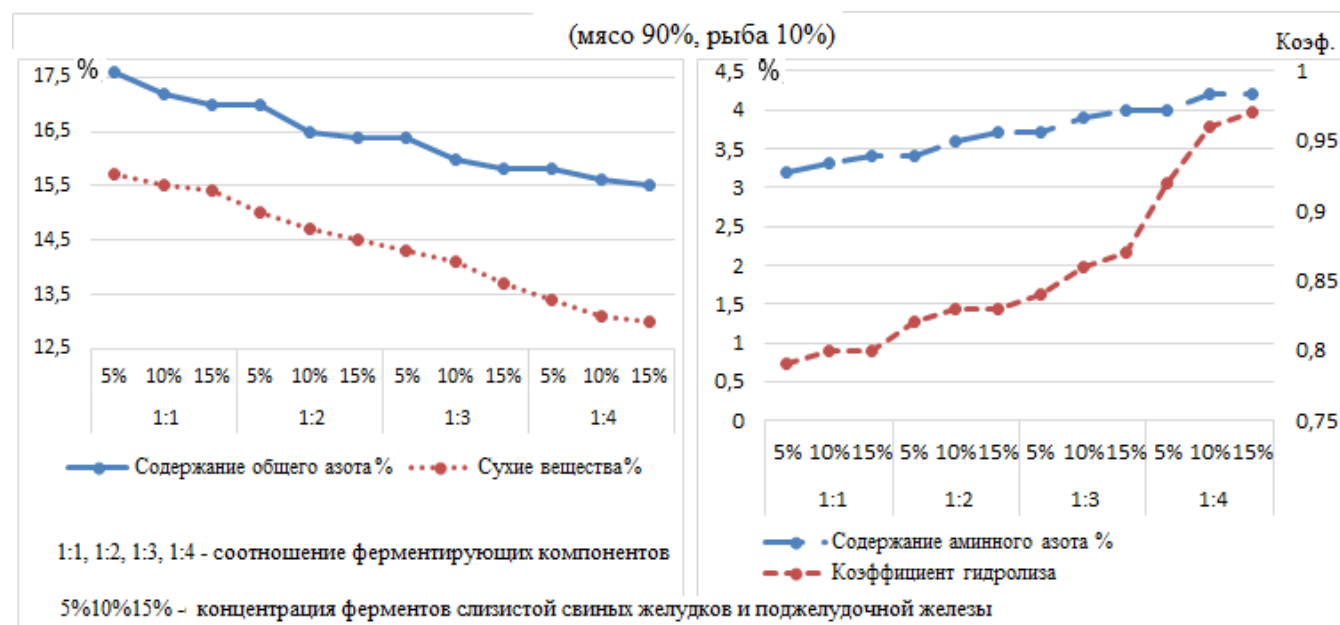


Рисунок 4. Влияние протеолитической активности и концентрации ферментов на уровень накопления общего и аминного азота в варианте 1

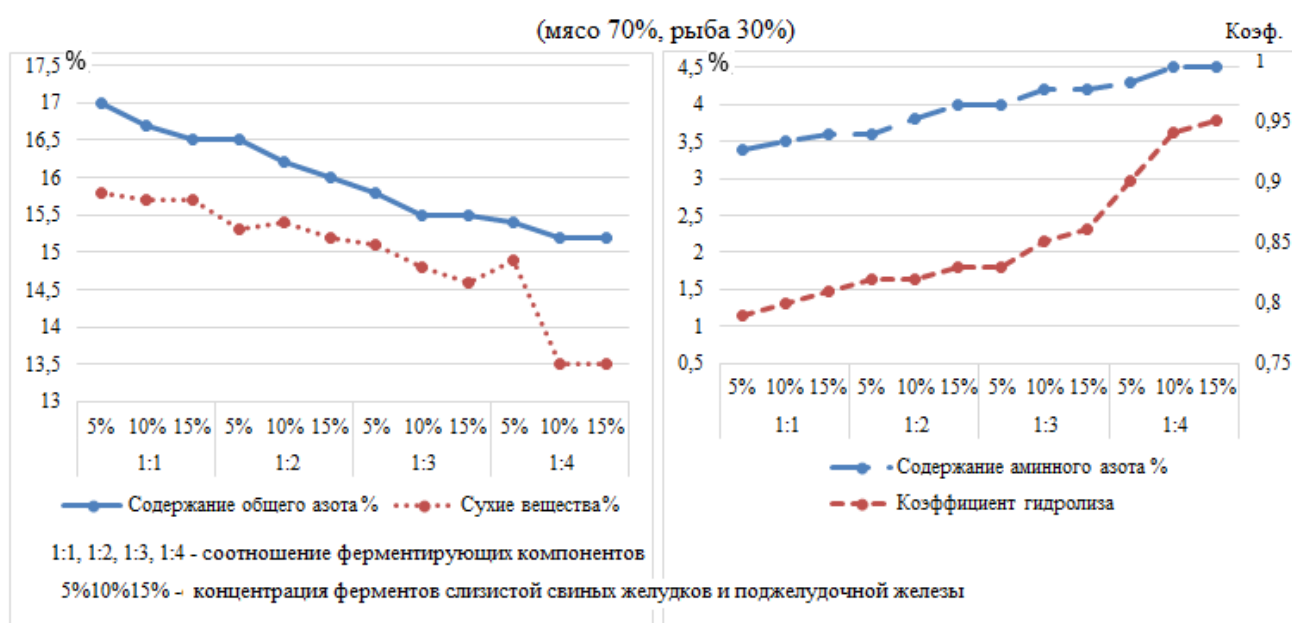


Рисунок 5. Влияние протеолитической активности и концентрации ферментов на уровень накопления общего и аминного азота в варианте 2

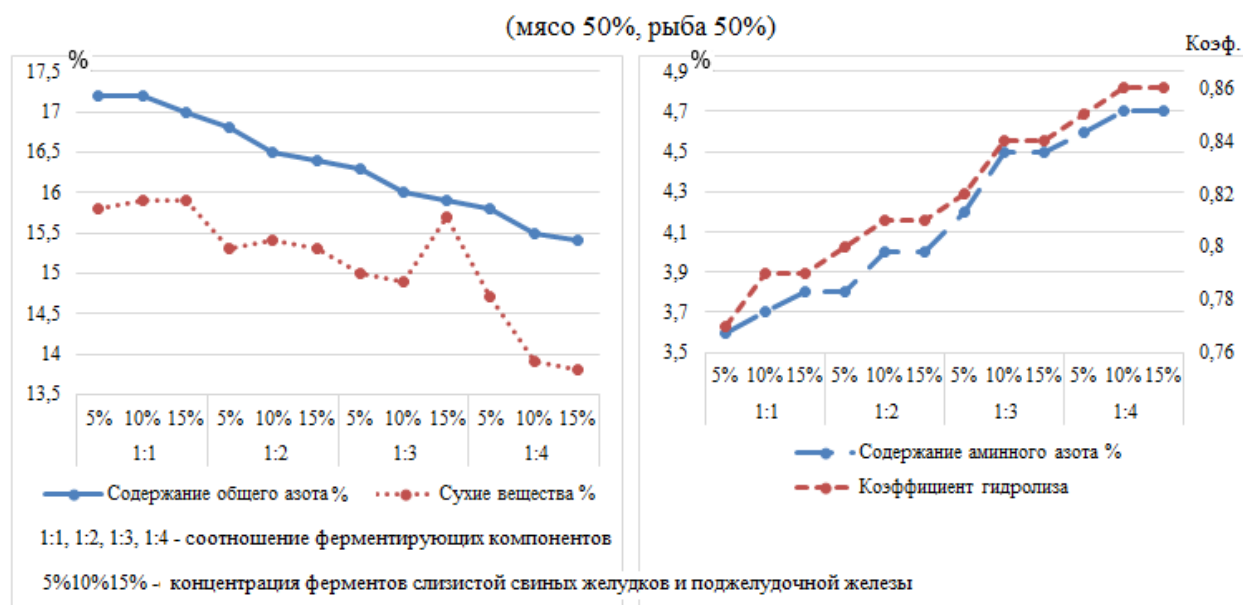


Рисунок 6. Влияние протеолитической активности и концентрации ферментов на уровень накопления общего и аминокислотного азота в варианте 3

Установлено, что оптимальное соотношение фермента к субстрату составляет 10% (поджелудочная железа - 2% от количества сырья и слизистая оболочка желудков - 8% от количества сырья). При увеличении концентрации ферментативного комплекса происходит усиление процесса гидратации, разрыхление и распад волокон за счет разрыва конечных аминокислотных связей и групп ОН, что приводит к увеличению влагосвязывающей способности. Показатели общего азота составляют 15,2%, аминокислотного азота - 4,5%, содержание оксипролина - 1,4%, пептидов - $57,8 \pm 1$, сухих веществ - $13,5 \pm 0,5$, коэффициент гидролиза - 0,94. Анализ полученных данных подтверждает недостаточное гидролизующее действие животных ферментов на кости рыб (наличие осадка, сгустка), поэтому соотношение рыбы к мясному сырью должно быть ограниченным и не должно превышать 30%. Коэффициент протеолиза у ферментов поджелудочной железы и слизистой оболочки желудков высокий, ферменты проявляют высокую скорость освобождения α -аминогрупп, ослабляя влияние близкорасположенных радикалов, что способствует полному расщеплению белков. Длительность ферментативного гидролиза составляет 71 час, однако недостатком этого способа является низкая скорость проведения гидролиза, в связи с этим, для сокращения процесса гидролиза и

полного расщепления белка выбран ферментативно-кислотный метод гидролиза, при котором максимально сохраняется биологическая ценность белкового гидролизата.

Заключение, выводы

1. Определены оптимальные технологические режимы и параметры ферментативного гидролиза сырья (концентрации субстратов и ферментов, величина pH, температура, время процесса) для достижения глубины гидролиза. Выбраны оптимальные соотношения фермента к субстрату.

Установлено, что при соотношении рыбного сырья в количестве от 10 до 50% и мясного сырья, наиболее активным гидролизующим действием обладает ферментативный комплекс поджелудочной железы и слизистой оболочки свиных желудков в соотношении 1:4, при концентрации 10%, температуре 45 °C, pH-6,9 ед. и соотношении рыбного сырья к мясному сырью не более 30%. Показано, что оптимальное соотношение фермента к субстрату составляет 10% (поджелудочная железа - 2% от количества сырья и слизистая оболочка желудков - 8% от количества сырья).

2. Определены показатели, характеризующие степень гидролиза: накопление азота (общий, аминокислотный), сухие вещества, коэффициент протеолиза, коэффициент гидролиза.

Установлено, что при проведении ферментного гидролиза общий азот составляет 15,2%, аминный азот-4,5%, сухих веществ-13,5±0,5, коэффициент гидролиза-0,94, при этом соотношение рыбы к мясному сырью не должно превышать 30%. Таким образом, для сокращения процесса гидролиза и полного расщепления белка выбран ферментативно-кислотный метод гидролиза, при котором максимально сохраняется биологическая ценность белкового гидролизата.

Информация о финансировании

Материалы подготовлены в рамках выполнения проекта «Разработка технологии получения сухого пептона на основе гидролиза белка из вторичных мясных отходов для применения в пищевой промышленности и биотехнологии» программы BR24892775-ОТ-24 (программно-целевое финансирование МСХ РК по научным, научно-техническим программам на 2024-2026 годы).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Zamora-Sillero J. Gharsallaoui A. Prentice C. Peptides from fish by-product protein hydrolysates and its functional properties an overview// Mar. Biotechnol. NY.2018. .-Vol.20.-2.P. 118-130. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10126-018-9799-3>
- 2 Jayathilakan K., Sultana K., Radhakrishna K., Bawa A.S. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. J Food Sci Technol. 2012; 49 (3): 278-93. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0290-7>
- 3 Zhang Y., Olsen K., Grossi A., Otte J. Effect of pretreatment on enzymatic hydrolysis of bovine collagen and formation of ACE-inhibitory peptides // Food Chem. 2013. Vol.141, N3. P.2343-2354. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.058>
- 4 Hong H., Fan H., Chalamaiah M., Wu J. Preparation of low-molecular-weight collagen hydrolysates (peptides): Current progress challenges, and future perspectives// Food Chem. 2019. Vol.301. Article ID 125222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125222>
- 5 Valimaa A.-L. Makinen P. Marnila P. Pihlanto A/ Maki M. et al. Fish and side streams are valuable sources of highvalue components// Food Qual. Saf.2019.Vol.3. 4. P.209-226. DOI: <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyz024>
- 6 Телишевская, Л.Я. Белковые гидролизаты// Л.Я. Телишевская, Под ред. А.Н. Панина.-Москва, 2000.-.296С.
- 7 Денякина Е.К., Логинова Т.А., Крестьянова И.Н., Бартошевич Ю.Э., Неклюдов А.Д. Получение и свойства иммобилизованного ферментного препарата с пептидазной активностью// Прикладная биохимия и микробиология, 1985, Т.21.-№1. С.177-183

8 Крестьянова И.Н., Васильева Л.И., Денякина Е.К., Петрова Л.И., Пензикова Г.А., Бартошевич Ю.Э., Неклюдов А.Д. Ферментные препараты для получения белковых гидролизатов и смесей аминокислот, не содержащих пептидов// Прикладная биохимия и микробиология, 1985, Т.21. -№1. -С.48-57

9 Пивненко Т.Н., Эпштейн Л.М., Позднякова Ю.Н., Давидович В.В. Ферментативные способы приготовления белковых гидролизатов с использованием протеолитических ферментов различной специфичности // Вопросы питания, 1997. № 5. С. 34-38

10 Неклюдов А.Д., Иванкин А.Н., Баер Н.А., Бердугина А.В. Источники резервного белка для получения пищевых гидролизатов из животного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья.,1998. №3. -С.24-25

11 Лукин А.А., Данилов М.Б., Андреева С.В. Ферментативный гидролиз мясных белков протеазами различного происхождения//Вестник ВСГУТ, 2021. № 1(80). С. 39-46. EDN: <https://www.elibrary.ru/odwfyb>

12 Bhagwat P.K., Dandge P.B. Collagen and collagenolytic proteases: A review//Biocatal.Agric.Biotechnol.2018.Vol.15.P.43-55.DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.05.005>

13 Кириллов Д.В., Орехова М.Д., Горбачев А.В. и др. Биотехнологии в пищевом производстве // Агропродовольственная экономика. 2022, № 4,-С. 7-12. DOI: https://doi.org/10.54092/24122521_2022_4_7. EDN: <https://www.elibrary.ru/pbjfpp>

14 Неклюдов А.Д., Навашин С.М. Получение белковых гидролизатов с заданными свойствами// Прикладная биохимия и микробиология, 1985. Т.21.-№1. -С.3-17

15 Kolomaznik K., Mladek M., Langmaier F. Process for preparing hydrolysate of proteinaceous waste of animal origin. Pat. Czech Rep.1996. № 280655

REFERENCES

- 1.Zamora-Sillero J., Gharsallaoui A., Prentice C. Peptides from fish by-product protein hydrolysates and its functional properties: an overview // Mar. Biotechnol. NY. 2018. Vol. 20. No. 2. P. 118–130. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10126-018-9799-3>
- 2.Jayathilakan K., Sultana K., Radhakrishna K., Bawa A.S. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review // J. Food Sci. Technol. 2012. Vol. 49. No. 3. P. 278–293. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0290-7>
- 3.Zhang Y., Olsen K., Grossi A., Otte J. Effect of pretreatment on enzymatic hydrolysis of bovine collagen and formation of ACE-inhibitory peptides // Food Chem. 2013. Vol. 141. No. 3. P. 2343–2354. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.058>
- 4.Hong H., Fan H., Chalamaiah M., Wu J. Preparation of low-molecular-weight collagen hydrolysates

(peptides): Current progress, challenges, and future perspectives // Food Chem. 2019. Vol. 301. Article ID 125222. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125222>

5. Valimaa A.-L., Makinen P., Marnila P., Pihlanto A., Maki M., et al. Fish and side streams are valuable sources of high-value components // Food Qual. Saf. 2019. Vol. 3. No. 4. P. 209–226. DOI: <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyz024>

6. Telishevskaya L.Ya. Belkovye gidrolizaty [Protein hydrolysates] / Ed. A.N. Panin. – Moscow, 2000. – 296 p. (In Russian)

7. Denyakina E.K., Loginova T.A., Krest'yanova I.N., Bartoshevich Yu.E., Neklyudov A.D. Poluchenie i svoystva immobilizovannogo fermentnogo preparata s peptidaznoy aktivnost'yu [Production and properties of an immobilized enzyme preparation with peptidase activity] // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 1985. Vol. 21. No. 1. P. 177–183. (In Russian)

8. Krest'yanova I.N., Vasil'eva L.I., Denyakina E.K., Petrova L.I., Penzikova G.A., Bartoshevich Yu.E., Neklyudov A.D. Fermentnye preparaty dlya polucheniya belkovykh gidrolizatov i smesey aminokislot, ne sodержashchikh peptidov [Enzyme preparations for obtaining protein hydrolysates and amino acid mixtures without peptides] // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 1985. Vol. 21. No. 1. P. 48–57. (In Russian)

9. Pivnenko T.N., Epshtein L.M., Pozdnyakova Yu.N., Davidovich V.V. Fermentativnye sposoby prigotovleniya belkovykh gidrolizatov s ispol'zovaniem proteoliticheskikh fermentov razlichnoy spetsifichnosti [Enzymatic methods for preparing protein hydrolysates using proteolytic enzymes of various specificities] // Voprosy pitaniya. 1997. No. 5. P. 34–38. (In Russian)

10. Neklyudov A.D., Ivankin A.N., Baer N.A., Berdutina A.V. Istochniki rezervnogo belka dlya polucheniya pishchevykh gidrolizatov iz zhivotnogo syr'ya [Sources of reserve protein for obtaining food hydrolysates from animal raw materials] // Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya. 1998. No. 3. P. 24–25. (In Russian)

11. Lukin A.A., Danilov M.B., Andreeva S.V. Fermentativnyy gidroliz myasnykh belkov proteazami razlichnogo proiskhozhdeniya [Enzymatic hydrolysis of meat proteins by proteases of different origins] // Vestnik VSGUTU. 2021. No. 1(80). P. 39–46. EDN: <https://www.elibrary.ru/odwfyb> (In Russian)

12. Bhagwat P.K., Dandge P.B. Collagen and collagenolytic proteases: A review // Biocatal. Agric. Biotechnol. 2018. Vol. 15. P. 43–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.05.005>

13. Kirillov D.V., Orekhova M.D., Gorbachev A.V., et al. Biotekhnologii v pishchevom proizvodstve [Biotechnologies in food production] // Agropodovol'stvennaya ekonomika. 2022. No. 4. P. 7–12. DOI: https://doi.org/10.54092/24122521_2022_4_7. EDN: <https://www.elibrary.ru/pbjfpp> (In Russian)

14. Neklyudov A.D., Navashin S.M. Poluchenie belkovykh gidrolizatov s zadannymi svoystvami [Production of protein hydrolysates with specified properties] // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. 1985. Vol. 21. No. 1. P. 3–17. (In Russian)

15. Kolomaznik K., Mladek M., Langmaier F. Process for preparing hydrolysate of proteinaceous waste of animal origin. Pat. Czech Rep. 1996. No. 280655