https://doi.org/10.58805/fs.V.1(32)-4

ТӨМЕН ҚҰНДЫ СУБӨНІМДЕРДЕН АЛЫНАТЫН АҚУЫЗ ГИДРОЛИЗАТТАРЫН ПІСІРІЛГЕН ШҰЖЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫНДА ҚОЛДАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

А.Н. Тортай[1], Я.М. Узаков[1], И.М. Чернуха[2], М.А-А. Қалдарбекова[1]✉, Н.Қ. Абильмажинова[1], Ә.Қ. Серіков[3]

[1] Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан
[2] В. М. Горбатов атындағы азық-түлік жүйелерінің федералды ғылыми орталығы, Мәскеу, Ресей Федерациясы
[3] М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан
✉ Корреспондент-автор: m.kaldarbekova@atu.edu.kz

Ет өнімдері бағасының өсуі және төмен сұранысты жануар текті шикізаттың толық пайдаланылмауы төмен құнды субөнімдерді терең өңдеу арқылы ақуыздық ингредиенттер алудың өзектілігін арттырады. Зерттеудің мақсаты төмен құнды субөнімдерден алынатын ақуыз гидролизаттарын пісірілген шұжық технологиясында қолдануға қатысты ғылыми деректерді жүйелеу, олардың биохимиялық ерекшеліктерін және функционалдық-технологиялық әсерін талдау. Жұмыс әдеби шолу ретінде орындалып, 2010-2026 жылдар аралығында жарияланған ғылыми мақалалар, диссертациялық зерттеулер, патенттік материалдар және нормативтік-техникалық деректер талданды. Нәтижелер коллагенге бай сирақ, сіңір, шеміршек тіні және дәнекер тін фракциялары ақуыз гидролизаттарын алуға қолайлы шикізат екенін көрсетті. Ферменттік гидролиз кезінде жоғары молекулалы, нашар еритін құрылымдық ақуыздар әртүрлі молекулалық массадағы пептидтік фракцияларға ыдырайды. Бұл фракциялар пісірілген шұжықтың эмульсиялық-құрылымдық жүйесінде су байланыстыру, ылғал ұстау, май фазасын тұрақтандыру, ақуыз торының қалыптасуы және құрылымдық-механикалық қасиеттерді реттеу үдерістеріне қатыса алады. Сонымен қатар гидролизаттардың әсері олардың пептидтік профиліне, гидролиз тереңдігіне, енгізу мөлшеріне және ет матрицасының технологиялық жағдайына байланысты өзгереді. Төмен құнды субөнімдерден ақуыз гидролизаттарын алу ресурс үнемдеуге, ет өнімдерінің сапасын тұрақтандыруға және функционалдық ингредиенттер өндірісін дамытуға мүмкіндік беретін перспективалы бағыт ретінде бағаланады.

Түйін сөздер: төмен құнды субөнімдер, ақуыз гидролизаты, гидролиз, ферменттік гидролиз, пісірілген шұжық, функционалдық-технологиялық қасиеттер.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ГИДРОЛИЗАТОВ ИЗ МАЛОЦЕННЫХ СУБПРОДУКТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ВАРЁНЫХ КОЛБАС

А.Н. Тортай[1], Я.М. Узаков[1], И.М. Чернуха[2], М.А-А. Калдарбекова[1]✉, Н.К. Абильмажинова[1], А.К. Сериков[3]

[1] Алматинский технологический университет,Алматы, Казахстан
[2] Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова, Москва, Российская Федерация
[3] Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан
e-mail: m.kaldarbekova@atu.edu.kz

Рост цен на мясные продукты и неполное использование животного сырья с низким потребительским спросом повышают актуальность получения белковых ингредиентов путём глубокой переработки малоценных субпродуктов. Цель исследования систематизировать научные данные, связанные с применением белковых гидролизатов, полученных из низкоценных субпродуктов, в технологии варёных колбас, а также проанализировать их биохимические особенности и функционально-технологическое действие. Работа выполнена в формате литературного обзора, проанализированы научные статьи, диссертационные исследования, патентные материалы и нормативно-технические данные, опубликованные в период 2010-2026гг. Результаты показали, что коллагенсодержащие фракции, такие как путовые суставы, сухожилия, хрящевая ткань и соединительная ткань, представляют собой перспективное сырьё для получения белковых гидролизатов. При ферментативном гидролизе высокомолекулярные, малорастворимые структурные белки расщепляются на пептидные фракции с различной молекулярной массой. Эти фракции могут участвовать

в процессах связывания воды, удержания влаги, стабилизации жировой фазы, формирования белковой сетки и регулирования структурно-механических свойств в эмульсионно-структурной системе варёных колбас. Кроме того, действие гидролизатов изменяется в зависимости от их пептидного профиля, глубины гидролиза, дозировки внесения и технологических условий мясной матрицы. Получение белковых гидролизатов из малоценных субпродуктов рассматривается как перспективное направление, способствующее ресурсосбережению, стабилизации качества мясных продуктов и развитию производства функциональных ингредиентов.

Ключевые слова: малоценные субпродукты, белковый гидролизат, гидролиз, ферментативный гидролиз, варёная колбаса, функционально-технологические свойства.

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF PROTEIN HYDROLYSATES OBTAINED FROM LOW-VALUE BY-PRODUCTS IN COOKED SAUSAGE TECHNOLOGY

A.N. Tortai[1], Ya.M. Uzakov[1], I.M. Chernukha[2], M.A-A. Kaldarbekova[1]✉, N.K. Abilmazhinova[1], A.K. Serikov[3]

[1] Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2] M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan
[3] V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems, Moscow, Russian Federation
e-mail: m.kaldarbekova@atu.edu.kz

The rising prices of meat products and the incomplete utilisation of animal-derived raw materials with low consumer demand increase the relevance of obtaining protein ingredients through the deep processing of low-value by-products. The aim of the study is to systematise scientific data related to the application of protein hydrolysates obtained from low-value by-products in cooked sausage technology and to analyse their biochemical characteristics and techno-functional effects. The work was conducted as a literature review; scientific articles, dissertation studies, patent materials and regulatory and technical data published between 2010 and 2026 were analysed. The results showed that collagen-rich fractions, such as distal limb joints, tendons, cartilage tissue and connective tissue, are promising raw materials for the production of protein hydrolysates. During enzymatic hydrolysis, high-molecular-weight, poorly soluble structural proteins are cleaved into peptide fractions with different molecular weights. These fractions can participate in water binding, moisture retention, fat phase stabilisation, protein network formation and regulation of structural and mechanical properties in the emulsion-structured system of cooked sausages. In addition, the effects of hydrolysates vary depending on their peptide profile, degree of hydrolysis, inclusion level and technological conditions of the meat matrix. The production of protein hydrolysates from low-value by-products is considered a promising direction that can contribute to resource efficiency, stabilisation of meat product quality and the development of functional ingredient production.

Keywords: low-value by-products, protein hydrolysate, hydrolysis, enzymatic hydrolysis, cooked sausage, techno-functional properties.

Кіріспе. Елімізде соңғы жылдары ет және ет өнімдері бағасының өсуі ет өңдеу саласында шикізатты тиімді пайдалану мәселесін күшейте түсті. 2025 жылғы ресми түсіндірмелерде 1 кг сиыр етінің өндірістік өзіндік құны орта есеппен 2800-3100 тг аралығында қалыптасатыны көрсетілген. Мұндай жағдайда ет өнеркәсібінде тек негізгі ет шикізатына сүйену жеткіліксіз. Өндірісте толық пайдаланылмайтын төмен құнды субөнімдерді терең өңдеу арқылы ақуыздық тағамдық қоспаларға айналдыру өнімнің тағамдық құндылығын сақтай отырып, шикізатты ұтымды қолданудың өзекті жолдарының бірі ретінде қарастырылады [1].

Төмен құнды субөнімдер-технологиялық әдебиетте қолданылатын "малоценные субпродукты" терминіне сәйкес, тағамдық құндылығы, тұтынушылық сұранысы немесе технологиялық өңдеу қолайлылығы бойынша бірінші санатты субөнімдерден төмен бағаланатын мал сою өнімдерінің тобына жатады. Аталған термин ГОСТ 18157-88 «Мал сою өнімдері. Терминдер мен анықтамалар» нормативтік құжатында сипатталып, бұл топқа жылқының асқазаны, өңеші, өкпесі, сирақтары, көкбауыры, кеңірдегі, құлағы, басы, ерні, сондай-ақ қой және сиыр малынан алынатын кейбір екінші санатты субөнімдер көрсетілген [2, 3].

Елімізде төмен құнды субөнімдерді тағамдық мақсатта қайта өңдеу деңгейі әлі де жеткіліксіз болғандықтан, оларды ақуыз гидролизаттарына, ақуызды-минералды қоспаларға және функционал-

ды ингредиенттерге айналдыру ет өңдеу саласы үшін өзекті бағыт саналады. Бұл мәселе Д. А. Акимова, А. К. Какимов, Ж. С. Есимбеков, Е. С. Жарықбасов, Г. М. Тоқышева, Т. Ч. Тултабаева, Қ. Қ. Мақанғали, Я. М. Ұзақов, М. А. Қалдарбекова, И. М. Чернуха, А. Н. Тортай, Ж. М. Медеубаева және т.б. ғалымдарымыздың еңбектерінде қарастырылып, төмен құнды субөнімдерді ақуыздық ресурс ретінде бағалау қажеттілігі ғылыми тұрғыдан негізделген.

Төмен құнды субөнімдердің ішінде коллагенге бай субөнімдер ерекше технологиялық маңызға ие. Бұл топқа сірақтар, сіңірлер, шеміршекті құрылымдар, дәнекер тін, теріге жақын фракциялар және механикалық беріктігі жоғары талшықты құрылымдар жатады. Олардың негізгі ерекшелігі-құрамында коллаген, эластин және басқа құрылымдық ақуыздардың жоғары болуы. Нативті коллаген үштік спираль тәрізді тұрақты құрылымымен, суық суда төмен ерігіштігімен және ферменттерге шектеулі қолжетімділігімен сипатталады. Осы қасиеттер мұндай шикізатты тікелей тағамдық жүйелердің құрамына енгізуді қиындатады, себебі қатты дәнекер тін өнімнің нәзіктігіне, біртектілігіне және фарш жүйесінің тұрақтылығына теріс әсер етуі мүмкін [4, 5].

Ақуыз гидролизаттарын алу үшін гидролиздің бірнеше түрі қолданылады: қышқылдық гидролиз, сілтілік гидролиз, ферменттік гидролиз, микробиологиялық немесе ферментациялық гидролиз, сондай-ақ ультрадыбыс, жоғары қысым, басқа физикалық факторлармен біріктірілген физикалық кешенді әдістер. Тағамдық мақсатта ферменттік гидролиз ерекше маңызға ие, себебі ол ақуыз молекулаларын салыстырмалы жұмсақ жағдайда ыдыратып, пептидтік фракциялардың молекулалық массасын, аминқышқылдық құрамын және функционалды қасиеттерін реттеуге мүмкіндік береді. Жалпы реакция деңгейінде гидролиз пептидтік байланыстың су қатысында үзілуімен сипатталады. Ақуыз гидролизаттарын зерттеген қазіргі шолуларда ферменттік гидролиз тағамдық ақуыздардан биоактивті және функционалды пептидтер алудың негізгі әдістерінің бірі ретінде қарастырылады [6, 7].

Пісірілген шұжық өнімдері технологиясында мұндай гидролизаттың әсерін түсіну үшін өнімді қарапайым ет өнімі ретінде емес, термоөңделген ақуыз-майлы эмульсиялық-гельдік ет жүйесі ретінде қарастыру қажет. Бұл жүйеде миофибриллярлы ақуыздар, су, май, тұз, еріген

саркоплазмалық фракциялар және енгізілген ақуыздық ингредиенттер біртұтас кеңістіктік құрылым түзеді. Термиялық өңдеу кезінде ақуыздар денатурацияланып, гельдік тор қалыптастырады; осы тор суды ұстап, май глобулаларын тұрақтандырып, дайын өнімнің консистенциясын, кесінді беріктігін, шырындылығын және шығымын анықтайды. Ақуыз гидролизатының мөлшері бұл жүйеде шешуші рөл атқарады: Отандық ғалымдардың зерттеуінде пісірілген шұжық рецептурасына ақуыз гидролизатын енгізу дайын өнімдегі ақуыз мөлшерін көбейтіп, ылғал ұстау және ылғал байланыстыру қабілеттерін ұлғайтқанын көрсеткен [8, 9].

Жұмыстың мақсаты төмен құнды субөнімдерінен алынатын ақуыз гидролизаттарының пісірілген шұжық технологиясындағы қолданылуына қатысты ғылыми деректерді негіздеу және жүйелеу, олардың алыну жолдарын, биохимиялық ерекшеліктерін, пептидтік фракциялардың функционалды-технологиялық қасиеттерін және дайын өнімнің сапалық көрсеткіштеріне ықпалын талдау.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу жұмысы әдеби шолу сипатындағы ғылыми зерттеу ретінде орындалды. Зерттеу материалы ретінде 2010-2026 жылдар аралығында жарияланған рецензияланған ғылыми мақалалар, шолу еңбектері, диссертациялық зерттеулер, патенттік материалдар және ет өнімдері технологиясына қатысты нормативтік-техникалық деректер қарастырылды. Негізгі назар төмен құнды субөнімдерден, әсіресе коллагенге бай жануар текті шикізаттан алынатын ақуыз гидролизаттарына, олардың биохимиялық құрамына, пептидтік фракцияларына, ферменттік гидролиз ерекшеліктеріне және пісірілген шұжық технологиясындағы функционалдық-технологиялық қасиеттеріне аударылды.

Ғылыми деректерді іздеу Scopus, Web of Science, PubMed, ScienceDirect, eLIBRARY, және Қазақстандық ғылыми журналдардың ресми платформалары арқылы жүргізілді. Іздеу барысында қазақ, орыс және ағылшын тілдеріндегі баламалы келесідей ғылыми терминдер қолданылды-"төмен құнды субөнімдер", "ақуыз гидролизаттары", "коллагенге бай субөнімдер", "ферменттік гидролиз","пептидтік фракциялар", "пісірілген шұжық", "ет эмульсиясы", "су байланыстыру қабілеті", "эмульсия тұрақтылығы". Google Scholar қосымша іздеу құралы ретінде пайдаланылды, алайда одан алынған материалдар тек рецензияланған басылымда жарияланған немесе ресми ғылыми платформада расталған жағдайда ғана талдауға енгізілді.

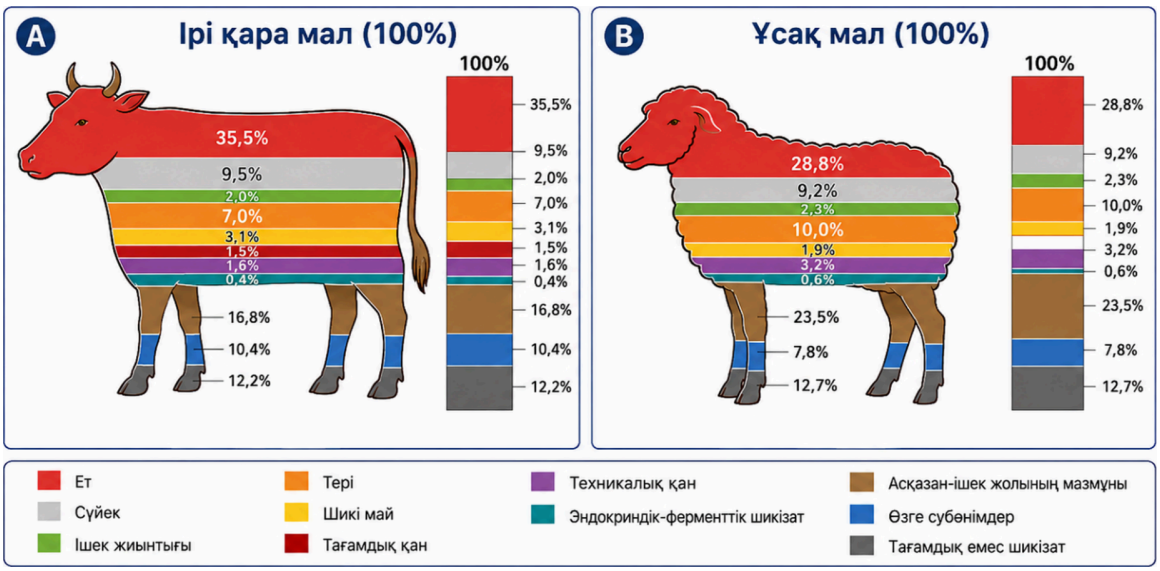
Әдеби деректерді іріктеу кезінде зерттеу тақырыбына тікелей қатыстылық, жарияланымның ғылыми

сапасы, қолданылған шикізат түрі, гидролиз әдісі, алынған гидролизаттың сипаттамасы және оның ет өнімдеріндегі технологиялық әсері негізгі өлшем ретінде алынды. Талдауға төмен құнды субөнімдерді тағамдық мақсатта қайта өңдеу, ақуыз гидролизаттарын алу, пептидтердің биохимиялық қасиеттері, пісірілген шұжықтың эмульсиялық-гельдік құрылымы, ылғал ұстау қабілеті, құрылымдық-механикалық көрсеткіштері және тотығу тұрақтылығы қарастырылған еңбектер енгізілді. Жиналған деректер тақырыптық жүйелеу, салыстырмалы талдау және механизмдік түсіндіру әдістері арқылы өңделді.

Зерттеу тақырыбы бойынша биохимиялық және технологиялық үдерістерді көрнекі түрде көрсету және визализациялау мақсатында жасанды интеллект негізіндегі DALL·E (OpenAI, АҚШ) құралы қолданылды. Суреттердегі ғылыми мазмұн, терминология, сандық деректер және механизмдік түсіндірмелер авторлар тарапынан тексеріліп, ғылыми әдебиеттер негізінде нақтыланды.

Нәтижелер және талқылау. Ет өңдеу саласында мал сою кезінде негізгі өнім ретінде ұша немесе жартылай ұша алынса, оған қоса әртүрлі субөнімдер, қан, тері және өзге тағамдық емес қалдықтар түзіледі. Сондықтан субөнімдерді тек қосалқы шикізат ретінде емес, ет өңдеу саласындағы ресурстық әлеуеттің маңызды бөлігі ретінде қарастыру қажет. Субөнімдерді жіктеу бірнеше белгі бойынша жүргізіледі. Технологиялық тұрғыдан олар тағамға жарамды және тағамға жарамсыз топтарға бөлінеді. Морфологиялық құрамы бойынша жұмсақ тіндік, ет-сүйекті, шырышты, жүнді, сүйекті, қандық және майлы шикізат түрлеріне ажыратылады. Ет-сүйекті субөнімдерге бас, құйрық және сүйекпен байланысқан етті бөліктер жатады. Жүнді субөнімдер қатарына қойдың басы, құйрығы, аяқтары, сондай-ақ ірі қара мен жылқының сирақтары, еріндері және құлақтары енгізіледі Мұндай жіктеу коллагенге бай субөнімдерді бөлек шикізат ретінде қарастыруға мүмкіндік береді, себебі сирақ, сіңір, шеміршек, дәнекер тін және сүйекке жақын құрылымдарда коллаген, эластин және басқа құрылымдық ақуыздар басым болады [10-12].

Қазіргі ғылыми әдебиеттерде мал сою кезінде алынатын субөнімдердің мөлшері өте жоғары екені көрсетіледі. 2024 жылғы шолуда мал сою кезінде сүйектегі ет үлесі шамамен 45%, ал субөнімдер мен тағамдық емес шикізат үлесі 55% деңгейінде түзілетіні берілген (сурет 1). Бұл деректер ет саласында субөнімдерді қайта өңдеу мәселесі жеке технологиялық бағыт ретінде қарастырылуы тиіс екенін дәлелдейді [13].



1-сурет. Мал сою өнімдерінің құрылымы, тірі салмаққа шаққанда

1-суретте көрсетілген деректер бойынша ұсақ малдағы сүйектегі еттің үлесі ірі қара малмен салыстырғанда төмен, ал асқазан-ішек жолы мазмұны мен терінің үлесі жоғары. Бұл айырмашылық субөнімдерді қайта өңдеу технологиясын жануар түріне қарай бейімдеу қажеттігін көрсетеді.

Ғылыми зерттеулерде субөнімдер шығымының кең диапазонда өзгеруі есептеу әдісінің айырмашылығымен байланысты. Бірқатар шолуларда тағамға жарамды субөнімдер жануардың жалпы ұша массасының шамамен 10-30% бөлігін құрайтыны көрсетіледі; бұл көрсеткіш жануар түріне, жасына,

жынысына, тірі салмағына, қоңдылығына, азықтандыру жағдайына және өсіру жүйесіне тәуелді. 2022 жылғы шолуда ет өндеу саласында ірі қара малда субөнімдер үлесі 65-75%, қозы етінде 50-60%, шошқада 50-55% деңгейінде ал құс бойынша 30-40% аралығында берілген.

Зерттеулер деректерін талдап ет саласында субөнімдердің үлесі малдың тірі салмағының едәуір бөлігін құрайтынын байқауға болады, және де қәзіргі замандағы өндірістік-шикізаттық

жүйеде субөнімдер толық пайдаланылуы тиіс ресурс ретінде қарастырылуы қажет. Алайда сирақ, сіңір, және дәнекер тіндері секілді коллагенге бай төмен құнды субөнімдерді тікелей тағамдық мақсатта қолдану мүмкіндігі шектеулі және де терең технологиялық өңдеуді талап етеді [14-6].

Төмен құнды субөнімдерді гидролиздеу-күрделі құрылымды ақуыздарды су қатысында ұсақ пептидтік фракцияларға және бос аминқышқылдарына дейін ыдыратуға негізделген биохимиялық үдеріс. Ет саласында мұндай өңдеу әсіресе коллагенге бай шикізат үшін маңызды, себебі сирақ, сіңір, шемершек тіндері және дәнекер тін құрамындағы нативті коллаген тығыз талшықты құрылымымен, үштік шиыршықты кеңістіктік пішінімен және төмен ерігіштігімен ерекшеленеді. Гидролиздің негізгі мәні ақуыз молекуласындағы пептидтік байланысты үзу арқылы жоғары молекулалы, нашар еритін құрылымды төмен молекулалы, технологиялық тұрғыдан белсендірек пептидтерге айналдыру.

Биохимиялық тұрғыдан гидролиздің жалпы реакциясы пептидтік байланыстың су молекуласы қатысында ыдырауымен түсіндіріледі. Ақуыздардағы CO–NH– пептидтік байланысы үзіліп, бір фрагментте карбоксил тобы, екінші фрагментте амин тобы түзіледі. Коллагенге бай шикізатта бұл үдеріс коллагенге ғана емес, эластин, құрылымдық ақуыздар, қалдық бұлшықет ақуыздары және басқа ілеспе ақуыз фракцияларына қатар әсер етеді. Сондықтан мұндай өнімді тек "коллаген гидролизаты" деп емес, коллагенге бай субөнімдерден алынған «ақуыз гидролизаты» деп атау ғылыми тұрғыдан дәл келеді.

Өнеркәсіптік деңгейде ақуыз гидролизаттарын өндіру қышқылдық немесе сілтілік ортада, ферменттік жағдайда немесе микроағзалар арқылы ашыту нәтижесінде жүргізіледі (сурет 2). Гидролиз дәрежесі ақуыздағы үзілген пептидтік байланыстар санының жалпы пептидтік байланыстар санына қатынасы арқылы бағаланады. Бұл көрсеткіш гидролизаттың технологиялық қасиеттеріне тікелей әсер етеді: гидролиз дәрежесі төмен болса, ірі пептидтер басым болып, құрылым түзуші қасиет сақталуы мүмкін; ал гидролиз тым терең жүрсе, бос аминқышқылдары мен өте қысқа пептидтер көбейіп, дәмдік ақаулар, ащы дәм немесе өнім құрылымының әлсіреуі байқалуы ықтимал [17, 18].



2-сурет. Субөнімдер гидролизінің негізгі түрлері

Қышқылдық гидролиз кезінде ақуыздарға сутек иондары әсер етіп, пептидтік байланыстар жоғары қышқылдық ортада үзіледі. Әдістің артықшылығы үдерістің салыстырмалы қарапайымдылығы және ақуызды терең ыдырату мүмкіндігінде болып табылады. Бірақ тағамдық мақсаттағы ақуыз гидролизаттары үшін бұл әдістің шектеулері көп: қышқылдық орта кейбір аминқышқылдарының бұ-

зылуына, тұз мөлшерінің артуына, бейтараптандыру қажеттілігіне және дәмдік қасиеттердің нашарлауына әкелуі мүмкін. Сонымен қатар коллагенге бай субөнімдерде ұзақ қышқылдық өңдеу құрылымдық ақуыздарды тым ұсақ фрагменттерге дейін ыдыратып, пісірілген шұжықтағы су байланыстыру немесе құрылым реттеу қасиетін төмендетуі ықтимал. Сондықтан қышқылдық гидролиз көбіне ақуызды толық ыдырату немесе арнайы дәмдік гидролизаттар алу бағытында қарастырылады, ал нақты ет өнімдерінің функционалдық-технологиялық қасиеттерін реттеуде оның қолданылуы шектеулі [19, 20].

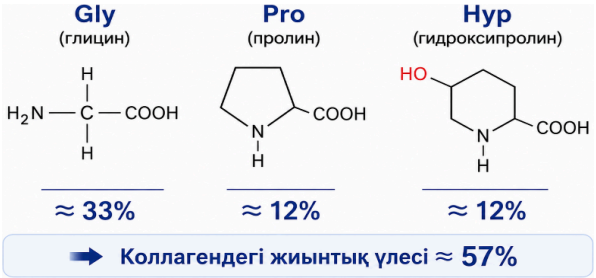
Сілтілік гидролиз ақуыз құрылымын сілтілік ортада ыдыратуға негізделеді. Мұндай жағдайда ақуыздардың кеңістіктік құрылымы ашылып, пептидтік байланыстардың үзілуі жеңілдейді. Сілтілік орта дәнекер тіннің тығыз құрылымын әлсіретуі мүмкін, сондықтан коллагенге бай субөнімдерді бастапқы жұмсарту үшін белгілі бір технологиялық мәнге ие. Алайда ұзақ немесе күшті сілтілік өңдеу аминқышқылдық құрамның өзгеруіне, ақуыздың табиғи қасиеттерінің бұзылуына, артық тұз түзілуіне және тағамдық сапаның төмендеуіне әсер етеді [21, 22].

Ашыту (ферментация) арқылы жүретін гидролизде ақуыздарды микроағзалардың ферменттік жүйелері ыдыратады. Мұнда протеолиз бір ғана ферменттің емес, микроағзалар түзетін әртүрлі протеазалар кешенінің әсерімен жүреді. Тәсілдің артықшылығы пептидтермен қатар дәмдік қосылыстардың, органикалық қышқылдардың және кейбір биологиялық белсенді метаболиттердің түзілуі. Бірақ ет субөнімдеріне қолданғанда бұл әдіс микробиологиялық қауіпсіздік, бастапқы шикізаттың тұрақсыз құрамы, ашыту жағдайын бақылау және дайын гидролизаттың дәмдік профилі бойынша шектеулерге ие. Сондықтан ашыту арқылы алынған гидролизаттарды қолдану үшін санитариялық қауіпсіздік, тұрақты сапа және рецептуралық үйлесімділік міндетті түрде дәлелденуі қажет [23, 24].

Ферменттік гидролиз тағамдық ақуыз гидролизаттарын алу үшін ең қолайлы тәсілдердің бірі саналады, себебі ол ақуыздарды салыстырмалы жұмсақ жағдайда, белгілі бір ферменттің таңдамалы әсері арқылы ыдыратады. Әдісте протеазалар пептидтік байланыстарға әсер етіп, молекулалық массасы әртүрлі пептидтер түзеді. Фермент таңдауы, орта қышқылдығы, температура, уақыт, фермент пен субстрат арақатынасы және шикізаттың алдын ала өңделуі гидролизаттың соңғы қасиетін анықтайды. Ферменттік гидролиз сапасы бақыланатын, тағамдық бағытқа қолайлы және аминқышқылдық құрамды көбірек сақтайтын тәсіл ретінде бағаланады, бірақ фермент құны, реакция уақыты және үдеріс параметрлеріне жоғары сезімталдық оның негізгі шектеулері саналады [25].

Ет саласының ақуызға бай субөнімдері бойынша жүргізілген тәжірибелік зерттеулер ферменттік гидролиздің тиімділігін сандық тұрғыдан да дәлелдейді. Lapena және әріптестері тауық субөнімдері, шошқа-сиыр аралас субөнімдері және албырт ішкі ағзаларының ферменттік гидролизін зерттеген. Зерттеуде эндогенді ферменттер мен коммерциялық протеазалар қолданылып, гидролизаттар жалпы ақуыздың қалпына келу деңгейі, пептидтердің молекулалық массасы және аминқышқылдық құрамы бойынша сипатталған. Авторлар шошқа-сиыр аралас субөнімдері мен тауық субөнімдері үшін алкалаза немесе папаин қолдану ақуыздың қалпына келуін 90% деңгейіне дейін арттырғанын көрсеткен [26].

Коллагенге бай төмен құнды субөнімдерде гидролиздің биохимиялық ерекшелігі коллагеннің құрылымымен тікелей байланысты. Нативті коллаген үш полипептидтік тізбектен құралған үштік шиыршық түрінде болады және коллаген құрылымында глицин әр үшінші аминқышқыл қалдығы ретінде жиі қайталанады, ал пролин мен гидроксипролин үштік шиыршықтың тұрақтылығын сақтауға қатысады. Зерттеушілер Li және Wu коллаген құрамында глицин (Gly), пролин (Pro) және гидроксипролиннің (Hyp) жалпы үлесі 57% шамасында екенін көрсеткен. Зерттеу деректері сирақ, сіңір, шеміршек тіні және дәнекер тін сияқты шикізаттан алынатын гидролизаттарда Gly–Pro–Hyp, Pro–Hyp, Hyp–Gly тәрізді коллагенге тән пептидтік фрагменттердің кездесуі ықтимал екенін түсіндіреді (сурет 3).



3-сурет. Коллагеннің аминқышқылдық құрамы

Төмен құнды субөнімдерден алынатын ақуыз гидролизаттарының құрамы бастапқы шикізаттың морфологиялық табиғатына, ақуыздық құрылымына, гидролиз әдісіне, фермент түріне, өңдеу уақытына және гидролиз дәрежесіне тәуелді. López-Pedrouso және әріптестері ет және ет субөнімдерін биоактивті қосылыстардың маңызды көзі ретінде сипаттап,

мұндай шикізаттан пептидтер алуда ферменттік гидролиз бен ашытуды негізгі тәсілдердің бірі ретінде көрсетеді. Авторлар ет ақуыздары мен субөнімдерден алынатын пептидтердің тағамдық және технологиялық қолданылуы үшін олардың алыну әдісі, молекулалық массасы, құрылымы және қолдану шектеулері қатар бағалануы қажет екенін атап өткен [27, 28].

Ақуыз гидролизаты біртекті зат емес, ол молекулалық массасы әртүрлі пептидтік фракциялардан, олигопептидтерден және бос аминқышқылдарынан тұратын күрделі жүйе. Гидролиз нәтижесінде бастапқы жоғары молекулалы ақуыздар біртіндеп төмен молекулалы фрагменттерге ыдырайды. Коллагенге бай шикізатқа қатысты Al Hajj және әріптестері гидролизденген коллагеннің әдетте 3-6 кДа аралығындағы төмен молекулалы аминқышқыл тізбектерінен тұратынын көрсеткен. Пептидтік фракцияларды молекулалық масса бойынша жоғары, орташа және төмен молекулалы топтарға бөлу олардың технологиялық әрекетін түсіндіру үшін қажет. Жоғары молекулалы фракциялар бастапқы ақуыз құрылымының ірі бөліктерін сақтайды және ет матрицасында құрылым түзуге көбірек қатысуы мүмкін. Орташа молекулалы пептидтер су фазасында жақсы таралып, ақуыз-су және ақуыз-май шекарасындағы өзара әрекеттесулерге қатысуы ықтимал. Төмен молекулалы пептидтер мен бос аминқышқылдары ерігіштігімен ерекшеленеді, бірақ олар әрқашан ет өнімінің тығыз гельдік құрылымын қалыптастыра бермейді. Ramakrishnan және әріптестері тағамдық қосалқы шикізаттан алынған төмен молекулалы пептидтерді 0,3-8 кДа аралығында сипаттап, мұндай пептидтердің суда жақсы еритінін және қысқа пептидтер көбіне 2-20 аминқышқыл қалдығынан тұратынын көрсеткен [29, 30].

Гидролиз нәтижесінде ақуыздардың молекулалық массасы төмендейді, ерігіштік артады, тұтқырлық өзгереді және пептидтердің беттік белсенділігі күшеюі мүмкін. Қысқа және орташа ұзындықтағы пептидтер суда жақсы дисперсияланып, ет фаршының су фазасында таралады; кейбір пептидтер май глобулалары мен ақуыз торының шекарасында орналасып, эмульсия тұрақтылығына ықпал етуі мүмкін. Сонымен қатар гидролизат құрамындағы амин және карбоксил топтары су молекулаларымен байланысып, ылғал ұстау қабілетінің өзгеруіне әсер етеді. Бірақ гидролиз тым терең жүрсе, ірі құрылым түзуші фрагменттер азайып, ет матрицасының беріктігі төмендеуі мүмкін. Сондықтан гидролизатта пептидтік фракциялардың молекулалық массасы мен гидролиз дәрежесі реттелуі тиіс.

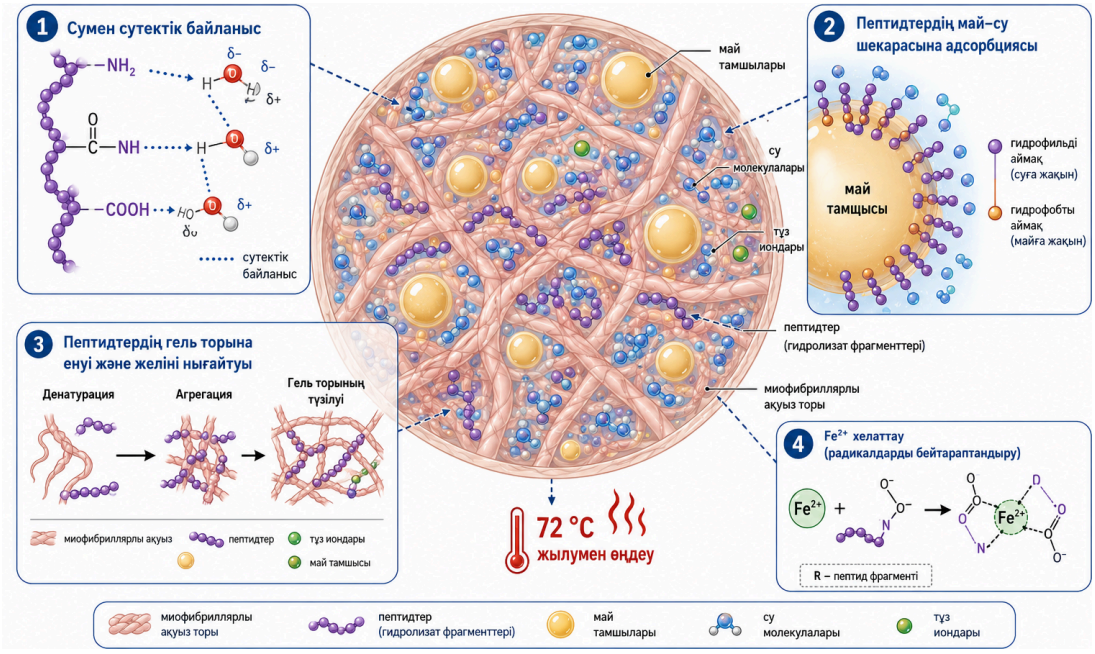
Гидролиз дәрежесі пептидтік құрамды анықтайтын негізгі көрсеткіштердің бірі. Гидролиз дәрежесі төмен болған жағдайда ақуыз молекуласы ішінара ғана ыдырап, гидролизат құрамында ірі пептидтік фрагменттер сақталады. Мұндай фракциялар пісірілген шұжықтың эмульсиялық-гельдік жүйесінде, яғни су, май және ақуыз фазалары жылумен өңдеу кезінде біртұтас құрылымдық торға бірігетін ет жүйесінде құрылым түзуге белгілі бір деңгейде қатысуы мүмкін. Ал гидролиз дәрежесі жоғарылаған сайын пептидтер қысқарады, бос аминқышқылдары көбейеді, ерігіштік артады, бірақ ірі ақуыздық тор түзу қабілеті төмендеуі ықтимал. Leni және әріптестері гидролиз дәрежесінің артуы ақуыз гидролизаттарының ерігіштігі мен май ұстау қабілетін жақсартқанын, бірақ эмульсия түзу қабілетін белгілі бір өңдеу уақытына дейін төмендеткенін көрсеткен (кесте 1). Бұл нәтиже гидролиз дәрежесінің тек “жоғары болғаны жақсы” деген қарапайым қағидамен бағаланбайтынын, оның нақты тағамдық жүйедегі технологиялық мақсатқа сәйкестігі маңызды екенін дәлелдейді [31, 32].

1-Кесте. Гидролиз дәрежесінің гидролизат қасиеттеріне ықпалы

Гидролиз дәрежесі	Құрамдық ерекшелігі	Ықтимал технологиялық әсері
Төмен	Ірі пептидтер мен жартылай ыдыраған ақуыз фрагменттері басым	Құрылым түзуге қатысуы мүмкін, бірақ ерігіштігі шектеулі болуы ықтимал
Орташа	Орташа молекулалы пептидтер мен қысқа пептидтер аралас болады	Су байланыстыру, эмульсия тұрақтылығы және текстураны реттеу үшін қолайлы болуы мүмкін
Жоғары	Қысқа пептидтер мен бос аминқышқылдары көбейеді	Ерігіштік артады, бірақ құрылым түзу қабілеті төмендеуі және дәмдік ақаулар пайда болуы мүмкін

Пептид ұзындығы гидролизаттың ерігіштігі мен технологиялық мінез-құлқына тікелей әсер етеді. Park және Yoon ақуыз гидролизатын ультрасүзу арқылы 10 кДа-дан жоғары, 5-10 кДа, 3-5 кДа және 3 кДа-дан төмен фракцияларға бөліп, кіші молекулалы фракциялардың ерігіштігі жоғары болатынын көрсеткен. Бұл зерттеуде гидролизаттың ерігіштігі 38,84-57,35% аралығында, ал пептидтік фракциялардың ерігіштігі 31,79-61,73% аралығында болған; 3 кДа-дан төмен фракциясы барлық pH жағдайында ең жоғары ерігіштік көрсеткен, ең жоғары мәні pH 10 кезінде 61,73% болған. Сонымен қатар авторлар кіші молекулалы пептидтерде гидрофобты аминқышқылдар үлесі жоғарылағанын, бұл маймен байланысу және эмульсиялық қасиеттерге әсер етуі мүмкін екенін көрсеткен [33].

Ет жүйесі су, май және тұз қатысында қалыптасатын күрделі ақуыз-майлы жүйе болғандықтан, гидролизаттың пептидтік құрамы оның ет матрицасындағы рөлін анықтайды. Төмен молекулалы пептидтер су фазасында жақсы таралып, өнімнің ылғалдылығы мен ерігіш компоненттерінің біркелкі бөлінуіне ықпал етуі мүмкін. Орташа молекулалы пептидтер май-су шекарасында орналасып, эмульсия тұрақтылығына әсер етуі ықтимал. Ірі пептидтік фрагменттер ақуыз торының тығыздығына және құрылымдық-механикалық қасиеттерге көбірек ықпал етуі мүмкін (сурет 4). Ет жүйелерінде ақуыз гидролизаты тек ақуыз көзі ретінде емес, молекулалық массасы мен гидролиз дәрежесі реттелетін функционалдық-технологиялық ингредиент ретінде бағалануы тиіс.



4-сурет. Ақуыз гидролизатының пісірілген шұжық матрицасындағы әрекеті

Пісірілген шұжық технологиясында ақуыз гидролизатын жеке тағамдық қоспа ретінде ғана емес, ет матрицасының су, май және ақуыз фазаларымен әрекеттесетін көпқұрамды пептидтік жүйе ретінде қарастыру қажет. Мұндай өнімнің құрылымы ұсақталған ет, май, су, тұз және ақуыздық компоненттердің араласуынан қалыптасады. Жылумен өңдеу кезінде бұл жүйеде миофибриллярлы ақуыздардың денатурациясы, кеңістіктік ақуыз торының түзілуі, май тамшыларының тұрақтануы және судың тор ішінде ұсталып қалуы жүреді.

Нан және әріптестері эмульсияланған ет өнімдерінде су мен майды ұстап тұру жылумен индукцияланған гель түзілуіне және ақуыздардың май-су шекарасындағы адсорбциялық әрекетіне тәуелді екенін көрсеткен. Авторлар pH, иондық күш, аминқышқылдық құрам, май фазасының қасиеті және ақуыздар арасындағы өзара әрекеттесулер су мен майдың сақталуына әсер ететін негізгі факторлар екенін атап көрсетеді [34].

Ақуыз гидролизатын енгізу әсері алдымен пептидтік фракциялардың молекулалық массасына, гидролиз дәрежесіне және беттік белсенділігіне байланысты байқалады. Гидролиз нәтижесінде ақуыздар қысқа пептидтерге ыдырайды, олардың құрамында бос амин топтары, карбоксил топтары, гидрофильді және гидрофобты аминқышқыл қалдықтары көбейеді. Бұл топтар су молекулаларымен сутектік байла-

ныстар түзуімен, май тамшыларының бетіне адсорбцияланууы және миофибриллярлы ақуыздармен әлсіз ковалентті емес байланыстар арқылы әрекеттесуімен сипатталады. Luo және әріптестері миофибриллярлы ақуыздарды папаин, бейтарап протеаза және бромелайн арқылы гидролиздегенде барлық гидролизаттардың ерігіштігі 60%-дан жоғары болғанын, ең жоғары көрсеткіш 96,7%-ға жеткенін анықтап, гидролиздің ақуыз құрылымын ашып, су фазасында таралу қабілетін күшейтетінін көрсеткен [35, 36].

Биохимиялық деңгейде ақуыз гидролизатының ет матрицасындағы алғашқы әсері су байланыстыру қабілетімен түсіндіріледі. Пептидтер құрамындағы NH_2, –COOH, –OH, –CONH-топтары су молекулаларымен сутектік байланыстар құра алады. Бұл байланыстар ет жүйесіндегі бос судың бір бөлігін ақуыз-пептидтік торға жақын ұстайды. Гидролиз дәрежесі орташа болған жағдайда пептидтер жеткілікті түрде ериді және сонымен қатар құрылымдық әрекеттесу қабілетін сақтайды. Nunez және әріптестері гидролиз дәрежесі әртүрлі ферменттік ақуыз гидролизаттарын зерттеп, гидролиз дәрежесі 26,28% болған үлгінің ет матрицасында су ұстау қабілетін күшейткенін көрсеткен [37].

Ет жүйелерінің эмульсиялық-гельдік жүйесінде ақуыз гидролизаты май фазасына да әсер етуі мүмкін. Ұсақталған ет жүйесінде май тамшылары ақуыздармен қоршалып, жылумен өңдеу кезінде ақуыздық тор ішінде бекітіледі. Егер пептидтерде гидрофобты аминқышқыл қалдықтары жеткілікті болса, олар май-су шекарасында орналасып, май тамшыларының бірігуін шектеуі ықтимал. Зерттеулер миофибриллярлы ақуыз гидролизаттарында гидрофобты топтардың ашылуы артқанын және бейтарап протеазамен алынған гидролизаттардың эмульсиялық белсенділігі басқа ферменттермен алынған үлгілерден жоғары болғанын көрсеткен. Гель түзілу үдерісі пісірілген шұжықтың құрылымдық-механикалық қасиеттерін анықтайтын негізгі кезең. Жылумен өңдеу кезінде миозин, актин және басқа миофибриллярлы ақуыздар денатурацияланып, өзара байланысқан кеңістіктік тор түзеді. Бұл тордың ішінде су тамшылары, май тамшылары, тұздар және енгізілген пептидтік фракциялар орналасады. Ақуыз гидролизатының бұл торға әсері екі бағытта жүруі мүмкін. Біріншіден, орташа молекулалы пептидтер ақуыз торының су ұстау қабілетін күшейтуі мүмкін, ал екіншіден, тым қысқа пептидтер көп болса, олар ірі құрылым түзуші ақуыздардың байланысуын әлсіретіп, гельдің беріктігін төмендетуі ықтимал. Сондықтан гидролизаттың әсерін жақсартады немесе нашарлатады деп біржақты бағалауға болмайды [38, 39].

Бұл тәуелділік тәжірибелік зерттеулерде де байқалады. Тултабаева және әріптестері коллагенге бай шикізаттан алынған ақуыз гидролизатын пісірілген шұжық технологиясында қолданған. Гидролизат пісірілген шұжық фаршын куттерлеу кезеңінде 5% мөлшерінде, және өсімдік ұнтағы 1% мөлшерінде енгізілген. Нәтижелер бойынша тәжірибелік пісірілген шұжық үлгілерінде ақуыз мөлшері 15,44%, май 6,6%, көмірсулар 4,2%, ылғал 71,1% болған. Авторлар 5% ақуыз гидролизаты мен 1% өсімдік ұнтағы қосылған үлгілердің тағамдық және дәмдік қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсеткен [40, 41].

Ақуыз гидролизаттарының функционалдық-технологиялық қасиеттері бірнеше негізгі көрсеткіш арқылы бағаланады-су байланыстыру қабілеті, ылғал ұстау қабілеті, май байланыстыру қабілеті, эмульсия тұрақтылығы, гель түзуге қатысуы және құрылымдық-механикалық көрсеткіштерге ықпалы. Су байланыстыру және ылғал ұстау қабілеті пісірілген шұжық сапасының негізгі көрсеткіштеріне жатады. Егер гидролизат су молекулаларын тиімді байланыстырса, жылумен өңдеу кезінде сорпа бөлінуі және масса шығыны төмендеуі мүмкін. Бұл өнімнің шығымын, шырындылығын және кесінді тұрақтылығын жақсартады. Отандық ғалымдар эмульсияланған ет өнімдерінде су мен майды ұстап тұру жылумен түзілген ақуыз торына, ақуыз конформациясына және микроқұрылымға тәуелді екенін көрсеткен. Май фазасының тұрақтылығы да ақуыз гидролизатының маңызды функционалдық әсеріне жатады. Пісірілген шұжықта май тамшылары біркелкі таралмаса немесе жылумен өңдеу кезінде бірігіп кетсе, өнімде май бөлінуі, кесінді ақауы және құрылымның әлсіреуі байқалады. Пептидтер гидрофильді және гидрофобты аймақтарға ие болған жағдайда май-су шекарасында орналасып, беттік қабатты тұрақтандыра алады [42].

Құрылымдық-механикалық қасиеттерге әсері гидролизаттың ең күрделі функцияларының бірі. Пісірілген шұжықта қаттылық, серпімділік, ішкі байланыс беріктігі, шайналғыштық және кесу күші ақуыз торының тығыздығына, су мөлшеріне, май тамшыларының таралуына және термиялық өңдеу жағдайына тәуелді. Егер гидролизат құрамында орташа молекулалы пептидтер басым болса, олар ақуыз торындағы су фазасын тұрақтандырып, өнімнің жұмсақ әрі біртекті құрылымын сақтауы мүмкін. Ал гидролизат шамадан тыс терең ыдыраған

болса, қысқа пептидтер мен бос аминқышқылдары көбейіп, ірі ақуыз торымен құрылымдық байланысу қабілеті әлсірейді. Бұл жағдайда өнімнің қаттылығы төмендеп, кесінді тұрақтылығы нашарлауы мүмкін [43].

Ақуыз гидролизаты пісірілген шұжықтың эмульсиялық-гельдік жүйесінде көпбағытты әрекет көрсетеді. Оның басты ерекшелігі бір мезгілде су фазасына, май фазасына, ақуыз торына және дайын өнімнің тағамдық құрамына әсер ету мүмкіндігі. Бірақ ақуыз гидролизатын енгізу автоматты түрде оң нәтиже береді деп түсінбеу қажет. Пісірілген шұжық өндірісінде гидролизатты қолдану үшін оның пептидтік фракцияларын, су және май байланыстыру қабілетін, эмульсия тұрақтылығын, құрылымдық-механикалық көрсеткіштерін және органолептикалық шектеулерін кешенді бағалау қажет.

Қорытынды. Коллагенге бай төмен құнды субөнімдерден ақуыз гидролизаттарын алу ет өңдеу саласы үшін өзекті бағыт болып табылады. Бұл төмен сұранысты жануар текті шикізатты тағамдық және функционалдық-технологиялық маңызы бар шикізат түріне айналдыруға мүмкіндік береді. Ферменттік гидролиз нәтижесінде жоғары молекулалы, нашар еритін ақуыз құрылымдары әртүрлі молекулалық массадағы пептидтік фракцияларға және бос аминқышқылдарына ыдырайды. Мұндай ақуыз фракциялары пісірілген шұжықтың тағамдық құндылығын арттырып қана қоймай, эмульсиялық-гельдік жүйесінде функциональды-технологиялық және құрылымдық-механикалық қасиеттерін ұлғайту бағытында әсер көрсете алады. Ғылыми деректер ақуыз гидролизаттарының тиімділігі олардың қандай шикізат түрінен алынғандығына, гидролиз дәрежесіне, пептидтік құрамына, енгізу мөлшеріне тәуелді екенін көрсетеді.

Бұл бағыттың ет өнеркәсібіндегі шикізатты толық пайдалану, төмен сұранысты субөнімдерді жоғары құнды ингредиентке айналдыру, тағамдық қалдықтарды азайту және ақуыздық ресурстарды ұтымды игеру мәселелерімен тікелей байланысты. Алдағы кезеңде бұл бағыттың дамуы гидролизаттарды зертханалық деңгейде алудан өндірістік тұрақты технологияға көшірумен байланысты болады. Ол үшін шикізатты сұрыптау, ферменттік гидролиз режимдерін стандарттау, пептидтік құрамды бақылау, қауіпсіздік көрсеткіштерін дәлелдеу және дайын ет өніміндегі технологиялық әсерін нақты бағалау бір жүйеге келтірілуі қажет.

Ақуыз гидролизаттарының пісірілген шұжық матрицасындағы су-май-ақуыз өзара әрекеттесулеріне, құрылымдық-механикалық қасиеттеріне, сақтау кезіндегі тотығу тұрақтылығына және органолептикалық сапасына әсерін кешенді зерттеу бұл ингредиенттерді отандық ет өнімдері өндірісіне енгізудің ғылыми негізін күшейтеді.

Төмен құнды субөнімдерден ақуыз гидролизаттарын алу бағыты ет өнеркәсібінде ресурс үнемдеу, төмен сұранысты шикізатты қайта айналымға енгізу арқылы ет өнімдерінің өзіндік құнын оңтайландыру, ақуызға бай өнімдердің экономикалық қолжетімділігін арттыру үшін стратегиялық маңызға ие.

Әдебиеттер

1. Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі Ұлттық статистика бюросы. Рубрика: «Баға статистикасы».Қазақстан Республикасындағы әлеуметтік маңызы бар азықтүлік тауарларының баға индексі және орташа бағалары. URL:https://stat.gov.kz/industries/economy/prices/spreadsheets/.-Қаралған күні: 20.04.2026.
2. ГОСТ 18157–88. Продукты убоя скота. Термины и определения//-М.: Издательство стандартов. - 1988. - 18 с.
3. Гиро Т. М., Зубов С.С., Яшин А.В., Гиро А.В., Преображениский В.А.Биомодификация коллагенсодержащих субпродуктов методом ферментативного гидролиза//Техника и технология пищевых производств. 2019. -Т.-49. -№. 2.-С.262-269. DOI 10.21603/2074-9414-2019-2-262-269.
4. Martínez-Alvarez O., Chamorro S., Brenes A. Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: A review// Food Research International. −2015.-Vol.73. DOI 10.1016/j.foodres.2015.04.005.
5. Zou Y., Shahidi F, et al. Values-added utilization of protein and hydrolysates from animal processing by-product livers: A review \//Trends in Food Science & Technology. −2021.-Vol.110.-P.432-442. DOI 10.1016/j.tifs.2021.02.033.

6. Garcia R. A. Pule D.J., et al. Hydrolysis of animal protein meals for improved utility in non-feed applications// Applied Engineering in Agriculture. −2011.-Vol.27(2). - P.269-275. DOI10.13031/2013. 36481.
7. Wang S., Copeland L. Effect of acid hydrolysis on starch structure and functionality: a review //Critical Reviews in Food Science and Nutrition. −2015.-Vol.55(8). P.1081-1097.DOI 10.1080/10408398.2012.684551.
8. Uzakov Y., Aitbayeva A., Kaldarbekova M., et al. Collagen Hydrolysate-Cranberry Mixture as a Functional Additive in Sausages // Processes. −2025.-Vol.13(10):3233. DOI 10.3390/pr13103233.
9. Узаков Я.М., Қалдыбекова М. Ә., т.б. Төмен құнды субөнімдерді пайдалана отырып әзірленген шұжық өнімдерінің сапа көрсеткіштерін талдау//Механика және технологиялар.-2025.-№. 4 (90). -Б. 46-57. DOI 10.55956/glzb2267.
10. Узаков Я.М., Есенгазиева А.Н.,Кажахиева М.О.,т.б. Пісірілген шұжық өндірісінде ақуыз гидролизаттарын қолданудың инновациялық әдістері//Механика және технологиялар.-2025. -№ 2 (88). -Б. 24-32. DOI 10.55956/RNQY1919.
11. Акимова Д.А., Какимов А.К., Есимбеков Ж.С., Жарыкбасов Е.С. Переработка малоценных субпродуктов птицеперерабатывающей промышленности на пищевые цели //Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. −2024. -Т.1. -№2(14). - С.129-136. DOI 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-17 .
12. Токышева Г.М., Какимов М.М., Тултабаева Т.Ч., Машанова Н.С., Макангали К.К. Разработка технологии получения белкового гидролизата из субпродуктов II категории //Вестник Алматинского технологического университета. −2022. -№ 3. -С.144-150. DOI 10.48184/2304-568X-2022-3-144-150.
13. Alibekov R.S., Alibekova Z.I., Bakhtybekova A.R., et al. Review of the slaughter wastes and the meat by-products recycling opportunities \//Frontiers in Sustainable Food Systems. −2024.-Vol.8:1410640. DOI 10.3389/fsufs.2024.1410640.
14. Latoch A., Stasiak D.M., Siczek P. Edible offal as a valuable source of nutrients in the diet-A review//Nutrients. 2024.-Vol.16(11):1609. DOI 10.3390/nu16111609.
15. Limeneh D.Y., Tesfaye T., Ayele M., et al. A comprehensive review on utilization of slaughterhouse by-product: current status and prospect \//Sustainability. −2022.-Vol.14(11):6469. DOI10.3390/su14116469.
16. Muthukumar M., Pathak V., Rathod K.S., et al. Carcass traits and value of meat and byproducts of sheep // Indian Journal of Animal Sciences. −2021.-Vol.91(7). -P.572-576.
17. Tavano O.L. Protein hydrolysis using proteases: An important tool for food biotechnology //Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic. 2013.-Vol.90.-P.1-11. DOI 10.1016/j.molcatb.2013.01.011.
18. Z amora-Sillero J., Gharsallaoui A., Prentice C. Peptides from fish by-product protein hydrolysates and its functional properties: an overview //Marine Biotechnology. −2018.-Vol.20(2). -P.118-130. DOI 10.1007/s10126-018-9799-3.
19. Mustăţea G., Ungureanu E.L., Iorga E. Protein acidic hydrolysis for amino acids analysis in food-progress over time: a short review//Journal of Hygienic Engineering and Design. 2019.-Vol.26.-P.81-87. URL:https://keypublishing.org/jhed/wp-content/uploads/2020/07/03.-Full-paper-Gabriel-Mustăţea.pdf.
20. Wisuthiphaet N., Kongruang S., Chamcheun C. Production of fish protein hydrolysates by acid and enzymatic hydrolysis //Journal of Medical and Bioengineering. −2015.-Vol.4(6). -P.466-470. DOI 10.12720/jomb.4.6.466-470.
21. Kalambura S., Krička T., Kiš D., et al. High-risk bio-waste processing by alkaline hydrolysis and isolation of amino acids \//Tehnički vjesnik. −2016.-Vol.23(6). -P.1771-1776. DOI 10.17559/TV-20150427225158.
22. V. J Haneman.The History of Alkaline Hydrolysis//ACTEC Law.-2021. Vol.47(1):8. URL:https://scholarlycommons.law.hofstra.edu/cgi/viewcontent.cgi? article=1224&context=acteclj.
23. Larder C.E., Iskandar M.M., Kubow S. Gastrointestinal digestion model assessment of peptide diversity and microbial fermentation products of collagen hydrolysates// Nutrients. −2021.-Vol.13(8):2720. DOI 10.3390/nu13082720.
24. Song Z., Liu H., Chen L., et al. Characterization and comparison of collagen extracted from the skin of the Nile tilapia by fermentation and chemical pretreatment //Food Chemistry. −2021.-Vol.340:128139. DOI 10.1016/j.foodchem.2020.128139.
25. Mohammad S.S., Ferreira M.V.S., Barbosa M.I.M.J., Barbosa Junior J.L. Characteristics of enzymatic hydrolysis of protein from different food sources and potential separation techniques //Current Nutrition & Food Science. −2023.-Vol.19(6). -P.590-601. DOI 10.2174/1573401318666221003104005.

26. Lapeña D., Vuoristo K., Kosa G., Horn S.J., Eijsink V.G.H. Comparative assessment of enzymatic hydrolysis for valorization of different protein-rich industrial byproducts//Agricultural and Food Chemistry. −2018.-Vol.66(37). -P.9738-9749. DOI 10.1021/acs.jafc.8b02444.
27. Li P., Wu G. Roles of dietary glycine, proline, and hydroxyproline in collagen synthesis and animal growth//Amino Acids. 2018.-Vol.50(1). -P.29-38. DOI 10.1007/s00726-017-2490-6.
28. López-Pedrouso M., Zaky A.A., Lorenzo J.M., et al. A review on bioactive peptides derived from meat and by-products: Extraction methods, biological activities, applications and limitations//Meat Science. −2023.-Vol.204:109278. DOI 10.1016/j.meatsci.2023.109278.
29. Al Hajj W., Salla M., Krayem M., et al. Hydrolyzed collagen: Exploring its applications in the food and beverage industries and assessing its impact on human health-A comprehensive review//Heliyon. 2024.-Vol.10(16): e36433. DOI 10.1016/j.heliyon. 2024.e36433.
30. Ramakrishnan S.R., Jeong C.R., Park J.W., Cho S.S., Kim S.J. A review on the processing of functional proteins or peptides derived from fish by-products and their industrial applications//Heliyon. 2023.-Vol.9(3): e14188. DOI 10.1016/j.heliyon. 2023.e14188.
31. Rutherfurd S.M. Methodology for determining degree of hydrolysis of proteins in hydrolysates: a review // AOAC International. 2010.-Vol.93(5). -P.1515-1522. DOI 10.1093/jaoac/93.5.1515.
32. Leni G., Soetemans L., Caligiani A., Sforza S., Bastiaens L. Degree of hydrolysis affects the techno-functional properties of lesser mealworm protein hydrolysates//Foods. −2020.-Vol.9(4):381. DOI 10.3390/foods9040381.
33. Park B.Y., Yoon K.Y. Functional properties of enzymatic hydrolysate and peptide fractions from perilla seed meal protein//Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. −2019.-Vol.69(2). -P.119-127. DOI 10.31883/pjfns-2019-0011.
34. Han Z., Liu S., Cao J., Yue X., Shao J.-H. A review of oil and water retention in emulsified meat products: The mechanisms of gelation and emulsification, the application of multi-layer hydrogels \//Critical Reviews in Food Science and Nutrition. −2024.-Vol.64(23). P.8308-8324. DOI 10.1080/10408398.2023.2199069.
35. Kaldarbekova M., Uzakov Y., Tortay A., Yessengaziyeva A., Kozhakhiyeva M. Optimization of the formulation of functional cooked sausage//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2025.-Vol.5(11(137)). -P.38-48. DOI 10.15587/1729-4061.2025.341379.
36. Luo J., Zhang M., Zeng Y., et al. Structural and functional properties of protein hydrolysates from myofibrillar protein of crocodile (Crocodylus siamensis) meat//LWT. −2024.-Vol.196:115862. DOI 10.1016/j.lwt.2024.115862.
37. Nuñez S.M., Cárdenas C., Valencia P., et al. Water-holding capacity of enzymatic protein hydrolysates: A study on the synergistic effects of peptide fractions//LWT. −2021.-Vol.152:112357. DOI 10.1016/j.lwt.2021.112357.
38. Uzakov Y., Chernukha I.M., Kaldarbekova M., Abzhanova S., Tortay A. Hydrolyzed collagen and cranberry powder in cooked sausages: Optimization using RSM//Foods and Raw Materials. −2027.-Vol.15(1). P.119-130. DOI 10.21603/2308-4057-2027-1-697.
39. Узаков Я.М., Калдарбекова М.А., Чернуха И.М., Тортай А.Н., Медеубаева Ж.М. Исследование влияния растительного антиоксиданта на цветовые характеристики вареной колбасы с использованием малоценных субпродуктов//Вестник Алматинского технологического университета. 2025. -№ 4(150). -С.130-138. DOI 10.48184/2304-568X-2025-4-130-138.
40. Tultabayeva T., Tokysheva G., Zhakupova G., et al. Enhancing nutrition and palatability: The development of cooked sausages with protein hydrolysate from secondary raw materials for the elderly \//Applied Sciences. −2023.-Vol.13(18):10462. DOI 10.3390/app131810462.
41. Tokysheva G., Tultabayeva T., Mukhtarkhanova R., et al. The study of physicochemical and technological properties of boiled sausage recommended for older adults //Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. −2023.-Vol.17.-P.16-29. DOI 10.5219/1806.
42. Suychinov A., Okuskhanova E., Yessimbekov Z., et al. Effects of Chicken Skin Protein Hydrolysate and Bone Protein-Mineral Mass on the Quality of Emulsified Poultry Sausages//Foods. −2026.-Vol.15(6):1091. DOI 10.3390/foods15061091.

43. Узаков Я.М., Калдарбекова М.А., Чернуха И.М., Тортай А.Н. Влияние гидролизата коллагена и растительного антиоксиданта на структурные характеристики вареных колбас//Вестник Алматинского технологического университета.-2026.-Т.151.-№1.-С.88-97. DOI 10.48184/2304-568X-2026-1-88-97.

References

1. Қазақстан Respublikasy Strategijalyқ zhosparlau zhəne reformalar agenttigi Ұlttyқ statistika bjurosy. Rubrika: «Baға statistikasy». Қazaқstan Respublikasyndaғy əleumettik maңyzy bar azyқ-tүlik tauarlarynyң baға indeksi zhəne ortasha bағalary. URL: https://stat.gov.kz/industries/economy/prices/spreadsheets/. Қaralған kүni: 20.04.2026. [in Kazakh]
2. GOST 18157-88. Produkty uboja skota. Terminy i opredelenija. -M.: Izdatel'stvo standartov, 1988.- 18 s. [in Russian]
3. Giro T. M., Zubov S.S., Jashin A.V., Giro A.V., Preobrazheniskij V.A. Biomodifikacija kollagensoderzhashhih subproduktov metodom fermentativnogo gidroliza//Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv. −2019. -T.-49. -№. 2.-S.262-269. DOI 10.21603/2074-9414-2019-2-262-269. [in Russian]
4. Martínez-Alvarez O., Chamorro S., Brenes A. Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: A review// Food Research International. −2015.-Vol.73. DOI 10.1016/j.foodres.2015.04.005.
5. Zou Y., Shahidi F, et al. Values-added utilization of protein and hydrolysates from animal processing by-product livers: A review \//Trends in Food Science & Technology. −2021.-Vol.110.-P.432-442. DOI 10.1016/j.tifs.2021.02.033.
6. Garcia R. A. Pule D.J., et al. Hydrolysis of animal protein meals for improved utility in non-feed applications // Applied Engineering in Agriculture. −2011.-Vol.27(2). - P.269-275.DOI 10.13031/2013.36481.
7. Wang S., Copeland L. Effect of acid hydrolysis on starch structure and functionality: a review//Critical Reviews in Food Science and Nutrition. −2015.-Vol.55(8). P.1081-1097.DOI 10.1080/10408398.2012.684551.
8. Uzakov Y., Aitbayeva A., Kaldarbekova M., et al. Collagen Hydrolysate-Cranberry Mixture as a Functional Additive in Sausages // Processes. −2025.-Vol.13(10):3233. DOI 10.3390/pr13103233.
9. Uzakov Ja.M., Қaldybekova M. Ə., t.b. Tөmen қүndy subөnimderdi pajdalana otyryp əzirlengen shұzhyқ өnimderiniң sapa kөrsetkishterin taldau//Mehanika zhəne tehnologijalar. −2025.-№. 4 (90). B. 46-57. DOI 10.55956/glzb2267. [in Kazakh]
10. Uzakov Ja.M., Esengazieva A.N., Kazhahieva M.O., t.b. Pisirilgen shұzhyқ өndirisinde aқuyz gidrolizattaryn қoldanudyң innovacijalyқ ədisteri//Mehanika zhənetehnologijalar. −2025. -№ 2 (88). -B. 24-32. DOI 10.55956/RNQY1919. [in Kazakh]
11. Akimova D.A., Kakimov A.K., Esimbekov Zh.S., Zharykbasov E.S. Pererabotka malocennyh subproduktov pticepererabatyvajushhej promyshlennosti na pishhevye celi //Vestnik Universiteta Shakarima. Serija tehnicheskie nauki. −2024. -T.1. -№2(14). - S.129-136. DOI 10.53360/2788-7995-2024-2(14)-17. [in Russian]
12. Tokysheva G.M., Kakimov M.M., Tultabaeva T.Ch., Mashanova N.S., Makangali K.K. Razrabotka tehnologii poluchenija belkovogo gidrolizata iz subproduktov II kategorii //Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta. −2022. -№ 3. -S.144-150. DOI 10.48184/2304-568X-2022-3-144-150. [in Russian]
13. Alibekov R.S., Alibekova Z.I., Bakhtybekova A.R., et al. Review of the slaughter wastes and the meat by-products recycling opportunities \//Frontiers in Sustainable Food Systems. −2024.-Vol.8:1410640. DOI 10.3389/fsufs.2024.1410640.
14. Latoch A., Stasiak D.M., Siczek P. Edible offal as a valuable source of nutrients in the diet—A review. // Nutrients. 2024.-Vol.16(11):1609. DOI 10.3390/nu16111609.
15. Limeneh D.Y., Tesfaye T., Ayele M., et al. A comprehensive review on utilization of slaughterhouse by-product: current status and prospect//Sustainability. −2022.-Vol.14(11):6469. DOI 10.3390/su14116469.
16. Muthukumar M., Pathak V., Rathod K.S., et al. Carcass traits and value of meat and byproducts of sheep // Indian Journal of Animal Sciences. −2021.-Vol.91(7). -P.572-576.
17. Tavano O.L. Protein hydrolysis using proteases: An important tool for food biotechnology. //Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic. 2013.-Vol.90.-P.1-11. DOI 10.1016/j.molcatb.2013.01.011.
18. Z amora-Sillero J., Gharsallaoui A., Prentice C. Peptides from fish by-product protein hydrolysates and its functional properties: an overview //Marine Biotechnology. −2018.-Vol.20(2). -P.118-130. DOI 10.1007/s10126-018-9799-3.

19. Mustățea G., Ungureanu E.L., Iorga E. Protein acidic hydrolysis for amino acids analysis in food-progress over time: a short review//Journal of Hygienic Engineering and Design. 2019.-Vol.26.-URL: https://keypublishing.org/jhed/wp-content/uploads/2020/07/03.-Full-paper-Gabriel-Mustățea.pdf.- Date of access:20.04.2026.
20. Wisuthiphaet N., Kongruang S., Chamcheun C. Production of fish protein hydrolysates by acid and enzymatic hydrolysis //Journal of Medical and Bioengineering. −2015.-Vol.4(6). -P.466-470. DOI 10.12720/jomb.4.6.466-470.
21. Kalambura S., Krička T., Kiš D., et al. High-risk bio-waste processing by alkaline hydrolysis and isolation of amino acids \//Tehnički vjesnik. −2016.-Vol.23(6). -P.1771-1776. DOI 10.17559/TV-20150427225158.
22. V. J Haneman.The History of Alkaline Hydrolysis//ACTEC Law.-2021. Vol.47(1):8. URL:https: \//scholarlycommons.law.hofstra.edu/cgi/viewcontent.cgi? article=1224&context=acteclj.
23. Larder C.E., Iskandar M.M., Kubow S. Gastrointestinal digestion model assessment of peptide diversity and microbial fermentation products of collagen hydrolysates// Nutrients. −2021.-Vol.13(8):2720. DOI 10.3390/nu13082720.
24. Song Z., Liu H., Chen L., et al. Characterization and comparison of collagen extracted from the skin of the Nile tilapia by fermentation and chemical pretreatment //Food Chemistry. −2021.-Vol.340:128139. DOI 10.1016/j.foodchem.2020.128139.
25. Mohammad S.S., Ferreira M.V.S., Barbosa M.I.M.J., Barbosa Junior J.L. Characteristics of enzymatic hydrolysis of protein from different food sources and potential separation techniques //Current Nutrition & Food Science. −2023.-Vol.19(6). -P.590-601. DOI 10.2174/1573401318666221003104005.
26. Lapeña D., Vuoristo K., Kosa G., Horn S.J., Eijsink V.G.H. Comparative assessment of enzymatic hydrolysis for valorization of different protein-rich industrial byproducts // Agricultural and Food Chemistry. −2018.-Vol.66(37). -P.9738-9749. DOI 10.1021/acs.jafc.8b02444.
27. Li P., Wu G. Roles of dietary glycine, proline, and hydroxyproline in collagen synthesis and animal growth // Amino Acids. 2018.-Vol.50(1). -P.29-38. DOI 10.1007/s00726-017-2490-6.
28. López-Pedrouso M., Zaky A.A., Lorenzo J.M., et al. A review on bioactive peptides derived from meat and by-products: Extraction methods, biological activities, applications and limitations //Meat Science. −2023.-Vol.204:109278. DOI 10.1016/j.meatsci.2023.109278.
29. Al Hajj W., Salla M., Krayem M., et al. Hydrolyzed collagen: Exploring its applications in the food and beverage industries and assessing its impact on human health-A comprehensive review //Heliyon. 2024.-Vol.10(16): e36433. DOI 10.1016/j.heliyon. 2024.e36433.
30. Ramakrishnan S.R., Jeong C.R., Park J.W., Cho S.S., Kim S.J. A review on the processing of functional proteins or peptides derived from fish by-products and their industrial applications //Heliyon. 2023.-Vol.9(3): e14188. DOI 10.1016/j.heliyon. 2023.e14188.
31. Rutherfurd S.M. Methodology for determining degree of hydrolysis of proteins in hydrolysates: a review // AOAC International. 2010.-Vol.93(5). -P.1515-1522. DOI 10.1093/jaoac/93.5.1515.
32. Leni G., Soetemans L., Caligiani A., Sforza S., Bastiaens L. Degree of hydrolysis affects the techno-functional properties of lesser mealworm protein hydrolysates //Foods. −2020.-Vol.9(4):381. DOI 10.3390/foods9040381.
33. Park B.Y., Yoon K.Y. Functional properties of enzymatic hydrolysate and peptide fractions from perilla seed meal protein //Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. −2019.-Vol.69(2). -P.119-127. DOI 10.31883/pjfns-2019-0011.
34. Han Z., Liu S., Cao J., Yue X., Shao J.-H. A review of oil and water retention in emulsified meat products: The mechanisms of gelation and emulsification, the application of multi-layer hydrogels//Critical Reviews in Food Science and Nutrition. −2024.-Vol.64(23). -P.8308-8324. DOI 10.1080/10408398.2023.2199069.
35. Kaldarbekova M., Uzakov Y., Tortay A., Yessengaziyeva A., Kozhakhiyeva M. Optimization of the formulation of functional cooked sausage //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2025.-Vol.5(11(137)). -P.38-48. DOI 10.15587/1729-4061.2025.341379.
36. Luo J., Zhang M., Zeng Y., et al. Structural and functional properties of protein hydrolysates from myofibrillar protein of crocodile (Crocodylus siamensis) meat //LWT. −2024.-Vol.196:115862. DOI 10.1016/j.lwt.2024.115862.
37. Nuñez S.M., Cárdenas C., Valencia P., et al. Water-holding capacity of enzymatic protein hydrolysates: A study on the synergistic effects of peptide fractions//LWT. −2021.-Vol.152:112357. DOI 10.1016/j.lwt.2021.112357.

38. Uzakov Y., Chernukha I.M., Kaldarbekova M., Abzhanova S., Tortay A. Hydrolyzed collagen and cranberry powder in cooked sausages: Optimization using RSM //Foods and Raw Materials. −2027.-Vol.15(1). P.119-130. DOI 10.21603/2308-4057-2027-1-697.
39. Uzakov Ja.M., Kaldarbekova M.A., Chernuha I.M., Tortaj A.N., Medeubaeva Zh.M. Issledovanie vlijanija rastitel'nogo antioksidanta na cvetovye harakteristiki varenoj kolbasy s ispol'zovaniem malocennyh subproduktov//Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta. 2025. -№ 4(150). -S.130-138. DOI 10.48184/2304-568X-2025-4-130-138. [in Russian]
40. Tultabayeva T., Tokysheva G., Zhakupova G., et al. Enhancing nutrition and palatability: The development of cooked sausages with protein hydrolysate from secondary raw materials for the elderly \//Applied Sciences. −2023.-Vol.13(18):10462. DOI 10.3390/app131810462.
41. Tokysheva G., Tultabayeva T., Mukhtarkhanova R., et al. The study of physicochemical and technological properties of boiled sausage recommended for older adults //Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. −2023.-Vol.17.-P.16-29. DOI 10.5219/1806.
42. Suychinov A., Okuskhanova E., Yessimbekov Z., et al. Effects of Chicken Skin Protein Hydrolysate and Bone Protein-Mineral Mass on the Quality of Emulsified Poultry Sausages// Foods. −2026.-Vol.15(6):1091. DOI 10.3390/foods15061091.
43. Uzakov Ja.M., Kaldarbekova M.A., Chernuha I.M., Tortaj A.N. Vlijanie gidrolizata kollagena i rastitel'nogo antioksidanta na strukturnye harakteristiki varenyh kolbas //Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta. −2026.-T.151.-№1.-S.88-97. DOI 10.48184/2304-568X-2026-1-88-97. [in Russian]

Авторлар туралы мәлімет

Тортай А.Н. - магистр, докторант, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: tortay.arsen@gmail.com;

Узаков Я.М. - ҚР ҰЖҒА академигі, техника ғылымдарының докторы, профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: 3uzakm@mail.ru;

Чернуха И.М. - РҒА академигі, техника ғылымдарының докторы, профессор, В. М. Горбатов атындағы азық-түлік жүйелерінің федералды ғылыми орталығы, Мәскеу, Ресей, e-mail: imcher@inbox.ru;

Қалдарбекова М.А-А. - PhD қауымдастырылған профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы,Қазақстан, e-mail: m.kaldarbekova@atu.edu.kz;

Абильмажинова Н.Қ. - PhD, профессор көмекшісі, Алматы технологиялық университеті, Алматы,Қазақстан, e-mail: abilmazhinova85@mail.ru;

Серіков Ә.Қ. - азық-түлік қауіпсіздігі кафедрасының оқытушысы, Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан, e-mail: alikoserikov01@gmail.com.

Information about the authors

Tortai A.N. - Master, PhD student, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: tortay.arsen@gmail.com;

Uzakov Ya.M. - Academician of the Kazakhstan National Academy of Natural Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: 3uzakm@mail.ru;

Chernukha I.M. - Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems, Moscow, Russian Federation, e-mail: imcher@inbox.ru;

Kaldarbekova M.A-A. - PhD, Acting Associate Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m.kaldarbekova@atu.edu.kz;

Abilmazhinova N.K. - PhD, Assistant Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: abilmazhinova85@mail.ru;

Serikov A.K. - Lecturer of the Department of Food Safety, Manash Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan, e-mail: alikoserikov01@gmail.com.