

СПОРТТЫҚ ТАМАҚТАНУ ҮШІН БҰРШАҚ АҚУЫЗЫНЫҢ ФЕРМЕНТАТИВТІ ГИДРОЛИЗАТЫН АЛУДЫҢ ЖАҢА ӘДІСІН ӘЗІРЛЕУДІҢ ӨЗЕКТІЛІГІ

Велямов М.Т.*, биология ғылымдарының докторы, профессор
vmasim58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9248-5951>

Уразбаев Ж.З., техника ғылымдарының докторы, қауымдастырылған профессор
zhz1964@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1898-0564>

Велямов Ш.М., PhD
v_shukhrat@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5997-5182>

Бакытжан Т.Н., PhD докторант
nurtuganuly.t@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-9720-6189>

Абитбекова А.У., жаратылыстану ғылымдарының магистрі
aelinaabitbekova@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-1180-2570>

«Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ҒЗИ» ЖШС, Алматы қ, Қазақстан

Аңдатпа. Бұл зерттеу Қазақстанда аудандастырылған бұршақ сорттарынан (*Pisum sativum* L.) ақуыз гидролизаттарын алу әдісін оңтайландыру арқылы спорттық тамақтану негізі ретінде қолдану өзектілігін қарастырды. Алынған зерттеу нәтижелері бойынша бұршақ ақуызын ферментативті жолмен экстракциялаудың оңтайлы технологиялық режимдері әзірленді: бұршақ ұны мен судың арақатынасы (гидромуль) - 25%; сулы экстракция уақыты - 24 сағат; қосылған пепсин ферментінің концентрациясы - 4,0%; пепсинмен ферментациялау уақыты - 24 сағат; қосылған панкреатин ферментінің концентрациясы - 4,0%; панкреатинмен ферментациялау уақыты - 5 сағатты құрады. Зертханалық жағдайда бұршақ ақуызының ферментативті гидролизаты және оның концентратының тәжірибелік партиясы әзірленіп, алынған ақуыз гидролизатына талдау жүргізілді. Бұл ретте бұршақ ақуызының ферментативті гидролизатындағы шикі ақуыздың мөлшері $7,18 \pm 0,03\%$, ал амин азотының мөлшері $4,76 \pm 0,02$ мг/мл көрсетті, сөйкесінше оның концентратында $8,92\%$ және $5,38 \pm 0,02$ мг/мл болды. Микробиологиялық көрсеткіштер бойынша алынған бұршақ ақуызы гидролизатының концентраты нормативтік талаптарға сәйкес келеді. Алынған нәтижелер экологиялық тұрақты және тағамдық артықшылықтарға ие өсімдік негізіндегі спорттық тамақтану өнімін әзірлеуге негіз болып табылады. Бұршақ ақуызына негізделген спорттық қоспалар бұлшықеттердің қалпына келуіне және өсуіне ықпал ететін маңызды аминқышқылдарының, соның ішінде ВСАА және аргининнің бай жиынтығын ұсынатын жануарлар өнімдеріне тұрақты және тиімді балама болып табылады.

Тірек сөздер: бұршақ, бұршақ гидролизаты, спорттық тамақтану, өңдеу, аминқышқылдар.

Кіріспе. Тағамдық ақуыз спортшыларға жаттығу қарқындылығына жылдам бейімделіп, дене құрамын оңтайландыруды қамтамасыз ететін негізгі қоректік элемент ретінде кеңінен таныс. Соңғы жылдары өсімдік ақуыздарын жануарлар ақуыздарына балама ретінде пайдалану, олардың кең қолжетімділігіне, төмен құнына, гипоаллергенділігіне, холестеринді төмендететін әсеріне және ағзамен игерілу қарапайымдылығына байланысты тұтынушылардың үлкен қызығушылығын тудырды [1].

Бұршақ (*Pisum sativum* L.) тұрақты экологиялық өндірісіне, экономикалық артықшылықтарына, ақуыздың жоғары мөлшеріне (15-30%) және аллергиялық әсерінің төмен болуына байланысты кең қолданылуда [2, 3]. Бұршақ *Fabaceae* тұқымдасына жатады, ал оның ақуыздары глобулиндерге, альбуминдерге және проламиндерге сәйкес тұзда, суда және этанолда еритін болып жіктеледі [4]. Бұршақ ақуызындағы

аминқышқылдардың арақатынасы теңдестірілген, метионинді қоспағанда, адам үшін маңызды аминқышқылдардың қалған жеті түрінің құрамы ФАО және ДДҰ ұсынған үлгілік мәнге жақын, сонымен қатар оңай қорытылып игеріледі. Оған қоса лизиннің мөлшері басқа өсімдік ақуыздарына қарағанда жоғары болып келеді [5, 6].

Бұршақ ақуызының тағамдық құндылығы жоғары болғанымен, оның рецепт бойынша диетада қолданылуы суда нашар ерігіштігіне және қоректік заттарды игеруді тежеуші факторлардың болуы сияқты функционалдық қасиеттеріне байланысты шектеулі [6,7]. Бұл кемшіліктерді жеңу үшін бұршақ ақуызының қасиеттерін жақсарту мақсатында физикалық, химиялық және ферментативті модификациялар қолданылады. Соның ішінде ферментативті гидролиз *in vitro* ас қорыту моделінің негізін құрайтын әдіс ретінде, жоғары ақуызды шикізаттан аминқышқылдарды бөліп алу құралы болып табылады [8]. Физикалық және химиялық модификациялармен салыстырғанда ферментативті гидролиз жанама өнімдердің төмен мөлшері, жоғары спецификалық және бақылаудың қарапайымдылығы сияқты артықшылықтарға байланысты кеңінен қолданылады. Ферментативті гидролиз нативті ақуызды әртүрлі мөлшердегі пептидтерге және бос аминқышқылдарға айналдыра отырып, өз кезегінде бұлшықет ақуыздарының синтезін ынталандыруды қамтиды, бұл процесс спорттық тамақтануда ерекше маңызды болып табылады [9, 10].

Сонымен қатар, ақуыз гидролизаттарының спорттық өнімділікке пайдалы әсері биоактивті пептидтердің түзілуімен байланысты болуы мүмкін. Биоактивті пептидтер асқазан-ішек жолында, тағам матрицасының құрамындағы ақуыздардың ас қорыту процессінде түрленуі нәтижесінде немесе *in vitro* өңделу арқылы алынғаннан кейін физиологиялық функцияларын орындай алатын олигопептидтер тізбегі. 1979 жылы биоактивті пептидтер ашылғаннан бері, олардың әртүрлі биологиялық белсенділіктері сипатталды: антиоксиданттық, антибиотикалық, иммуномодуляциялық, қабынуға, гипертензияға және диабетке қарсы әсері [11, 12].

Ақуыз гидролизі ақуыз көзіне және қажетті гидролиз дәрежесіне байланысты бір немесе бірнеше ферменттерді қолдану арқылы жүзеге асырылады [13]. Қосылатын ферменттің оңтайлы мөлшері және ферментация уақыты әрбір шикізат көзі үшін соңғы гидролизаттың максималды шығымдылын ескере отырып жеке анықталады. Ферменттік гидролизде қолданылатын көптеген ферменттерді мұқият зерттеп, яғни нормативтік сәйкестігін, термиялық тұрақтылығын, рН сезімталдығын және субстрат ерекшелігін бағалау арқылы фермент таңдалуы қажет [14].

Бұл зерттеудің мақсаты - спорттық тамақтану өнімдерінің негізі ретінде Қазақстан Республикасы бұршақтарының аудандастырылған сұрыптарынан ферментативті ақуыз гидролизатын алудың тиімді әдісін жасау.

Зерттеу объектілері мен әдістері. Зерттеу жұмыстары «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты» ЖШС-де, «Биотехнология, тағам сапасы және қауіпсіздігі» зертханасында жүргізілді.

Тағамдық құндылығы мен қауіпсіздік көрсеткіштерін зерттеу үшін «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС-нен «Ақсары» (*Pisum sativum*) бұршақтарының аудандастырылған сұрыпы алынды.

Зерттеудің басында «Ақсары» бұршақ тұқымдары диірменнің көмегімен ұнтақталды - бөлшектердің мөлшері 1-2 мм (1-сурет).

Бұл жұмыста ферментацияны жүзеге асыру үшін белсенділігі 75 USP U/mg панкреатин (Pancreatin 3X (3 NF/USP, RM7348), HiMedia, Үндістан) және 1:1000 бірлік белсенділігі бар пепсин (Pepsin GRM9155, HiMedia, Үндістан) пайдаланылды.

Бұршақ ұнынан ақуыз гидролизаттарын алудың оңтайлы технологиялық режимін орнату үшін келесі көрсеткіштер анықталды:



1-сурет – «Ақсары» аудандастырылған бұршақ сұрыпы

1) *Бұршақ ұны мен судың оңтайлы арақатынасы (гидромодуль):* ол үшін бұршақ ұнын суда сұйылтудың нұсқалары келесі концентрацияда әзірленді: 5%...30% (тәжірибе қадамы - 5%).

2) *Бұршақ ұны ақуызының сулы экстракциясының оңтайлы уақыты:* оңтайлы гидромодульді таңдағаннан кейін, жоғарыда көрсетілген тұрақты жағдайда бұршақ ақуыздарын сулы экстракциясының оңтайлы уақыты: 6...30 сағат (тәжірибе қадамы - 6 сағат) өңделді. Осы уақыт ішінде колбаның ішіндегі сұйықтық мезгіл-мезгіл, әр 2 сағат сайын араластырылды.

3) *Қосылатын пепсин ферментінің оңтайлы мөлшері:* келесі тұрақты ферментация жағдайларында анықталды, ашыту температурасы: термостат жағдайында +37-38°C; ортаның рН мәні: 1,8-2,0; ферментативті препараттың белсенділігі 1:1000 бірлік. Әрі қарай, пепсин ферментінің оңтайлы концентрациясын анықтау үшін бұршақтың сулы сығындысына келесі концентрацияларда қосылды: 1,0%...6,0% (тәжірибе қадамы - 1,0%), экспозиция уақыты - 6 сағат.

4) *Пепсинмен ферментациялаудың оңтайлы уақыты:* пепсин ферментінің оңтайлы концентрациясын таңдағаннан кейін, жоғарыда көрсетілген тұрақты жағдайларда бұршақтың сулы сығындысының пепсинмен гидролизінің оңтайлы уақыты: 6...30 сағат (тәжірибе қадамы - 6 сағат) өңделді. Осы уақыт ішінде колбаның ішіндегі сұйықтық мезгіл-мезгіл, әр 2 сағат сайын араластырылды.

5) *Қосылатын панкреатин ферментінің оңтайлы мөлшері:* келесі тұрақты ферментация жағдайлары анықталды, ашыту температурасы: термостат жағдайында +43-45°C; ортаның рН мәні: 8,0-8,2 (рН табиғи физиологиялық оңтайлы мәні алынған). Бұршақ гидролизатының гидролизіне панкреатин келесі концентрацияларда қосылды: 1,0%...6,0% (тәжірибе қадамы - 1,0%), экспозиция уақыты - 3 сағат.

6) *Панкреатинмен ферментациялаудың оңтайлы уақыты:* панкреатин ферментінің оңтайлы концентрациясын таңдағаннан кейін, жоғарыда көрсетілген тұрақты жағдайларда бұршақ сығындысының панкреатинмен гидролизінің оңтайлы уақыты: 1...6 сағат (тәжірибе қадамы - 1 сағат) өңделді. Осы уақыт ішінде колбаның ішіндегі сұйықтық мезгіл-мезгіл, әр сағат сайын араластырылды.

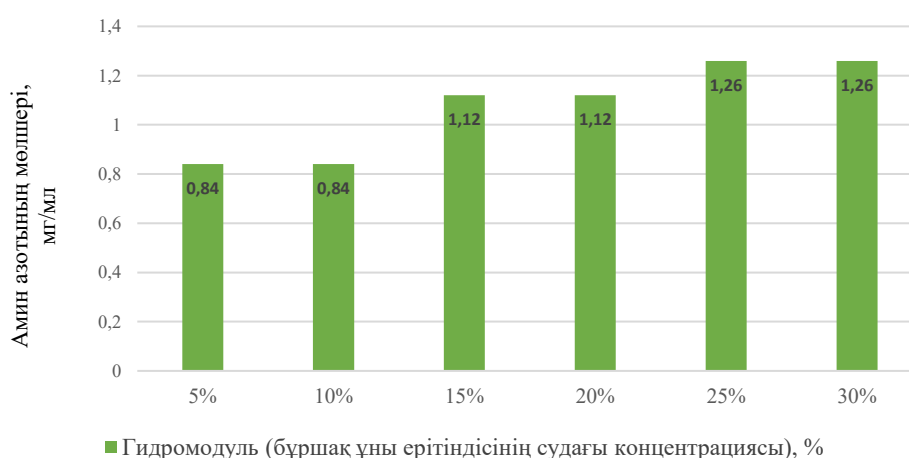
Жоғарыда аталған шарттардан оңтайлы нұсқасын таңдаудың негізгі критерийі амин азотының мөлшері бойынша МемСт 29311-92 болды [15].

Ашыту процесінің аяқталуы: панкреатинмен гидролизден кейін сығындыны тұнбаны кетіру үшін үш қабатты дәке сүзгісі немесе центрифугалау 1000-2000 айн/мин (TAGLER SM-12 зертханалық центрифугасы) арқылы тазалайды. Содан кейін рН 5,0-5,2-ге дейін жеткізіледі (ферменттердің әсерін тоқтату және микробиологиялық өсуді болдырмау үшін). Қажет болса, сығындыны зарарсыздандыру үшін жақсы жуылған «СФ» Зейтц сүзгі тақтасы арқылы сүзеді. Сығынды концентрациясы XD-52AA, Stegler маркалы

айналмалы буландырғыштарда $65 \pm 1,0^\circ\text{C}$ температурада және 0,5-0,7 атм вакуумдық разрядта $22,0-23,0 \pm 0,01\%$ еритін құрғақ заттардың құрамына дейін жүргізілді. Әрі қарай, үлгілер $90,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ температурада 15,0 минут пастерленіп, дайын ақуыз гидролизаты стерильді ыдыстарда сақталады. Дайын өнімде стерильділік МемСт ISO 11737-2-2011 стандартына сәйкес жалпы қабылданған микробиологиялық әдістермен анықталады [16].

Нәтижелер және оларды талқылау. Ғылыми еңбектерде ферментативті гидролиздің әсері ферменттің түрі, фермент-субстрат қатынасы, реакция температурасы, ферменттің әсер ету уақыты және субстраттың сипаттамалары сияқты көптеген факторларға байланысты екені анықталды [17, 18]. Осылайша, гидролиз қатаң белгіленген жағдайларда жүргізілуі керек. Бұршақтан ақуыз гидролизаттарын оңтайлы технологиялық өндірудің келесі режимдері белгіленді:

1. *Бұршақ ұны мен судың оңтайлы қатынасы (гидромодуль).* Бұршақ ұны мен судың оңтайлы арақатынасын зерттеу нәтижелері 2-суретте келтірілген.

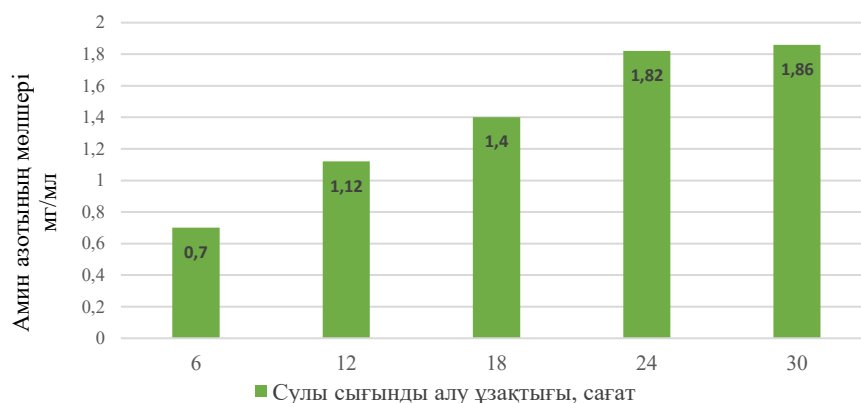


2-сурет – Бұршақ ұны мен судың оңтайлы арақатынасын анықтау нәтижелері (гидромодуль)

Ұсынылған нәтижелерден амин азотының (мг/мл) мөлшері бойынша ең қолайлысы №5 (25%) сынама екені анық. Сонымен қатар, бақылауларға сәйкес, бұршақ ұнының - 25% -дан жоғары концентрациясы - ерімейтін заттардың жоғары тұнбасын түзетінін атап өткен жөн, бұл экстракция процесін қиындатды.

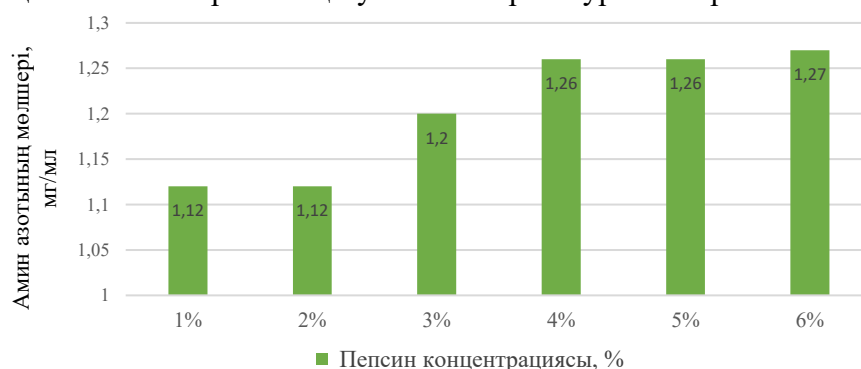
2. *Бұршақ ұны ақуызының сулы экстракциясының оңтайлы уақыты.* Су экстракциясы жұмсақ, таза және тұрақты әдіс болып табылады. Тек суды пайдалана отырып, крахмал және ақуыз сияқты қосылыстарды бұршақтан сәтті бөлуге болады. Бұл әдісті қолдана отырып, шағын еритін заттарды бөліп алумен қатар, бұршақтың 75% еритін концентратында ақуыздың жоғары тазалығына қол жеткізілді [19]. Бұршақ ұны ақуызының сулы экстракциясының оңтайлы ұзақтығын анықтау нәтижелері 3-суретте көрсетілген.

Диаграммаға сәйкес, амин азотының мөлшері бойынша ең қолайлысы бұршақ ұны ақуызының №4 - 24 сағаттық сулы экстракциясы болып табылады. Нәтижелерге сүйене отырып, 24 сағаттан астам сулы экстракция қызығушылық тудырмайды, бірақ 24 сағаттан аз экстракция бұршақтың ақуыз бөлігін алудың алғашқы кезеңдерінде айтарлықтай шығындарға әкеледі.



3-сурет – Бұршақ ұны ақуызының сулы экстракциясының оңтайлы уақытын анықтау нәтижелері

3. *Қосылатын пепсиннің оңтайлы мөлшері.* Пепсин – қатаң субстрат таңдамалы, асқазан-ішек жолдарында ақуыз гидролизденуін жүргізетін эндопептидаза. Пепсин фенилаланин, лейцин, тирозин және триптофан сияқты ароматты аминқышқылдардың амин топтары түзетін пептидтік байланыстарды үзуге бағытталған [20]. Қосылатын пепсин ферментінің оңтайлы мөлшерін анықтау нәтижелері 4-суретте көрсетілген.

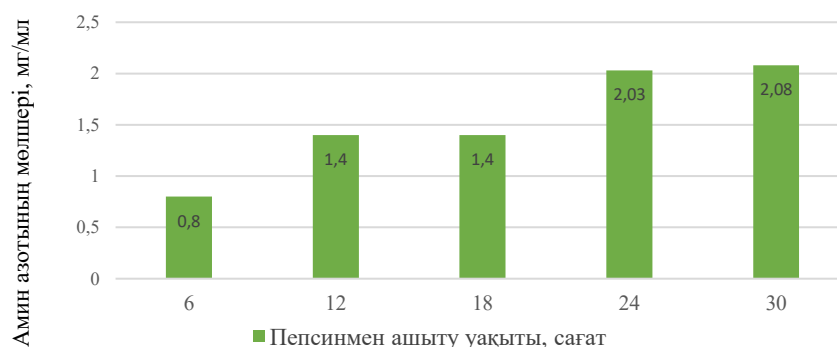


4-сурет – Ферментация процесінде бұршақ ақуызының сулы сығындысына қосу үшін пепсиннің оңтайлы концентрациясын анықтау нәтижелері

Зерттеу нәтижелеріне сүйенсек, амин азотының құрамы бойынша ең қолайлы нұсқа ферментация процесінде ақуыз сығындысына 4,0% пепсин қосылған №4 үлгі болып табылады. Бұл ретте №5 (5,0%) және №6 (6,0%) үлгілерінде амин азотының көрсеткіштері № 4 үлгіге қарағанда төмен болды. Сондықтан бұршақтың ақуыз сығындысын пепсин ферментімен өңдеу кезінде одан әрі тәжірибелік зерттеулер жүргізу үшін оның концентрациясы 4,0%-ға тең болады. Сонымен қатар зерттеу жұмыстары протеазамен өңделген өсімдік ақуызының антиоксиданттық белсенділігі бар екенін көрсетіп, нәтижесінде алынған гидролизаттарда пептидтердің биоактивті қасиетінің сақталуының жоғары әлеуетін болжауға мүмкіндік береді [21, 22].

4. *Пепсинмен ферментациялаудың оңтайлы уақыты.* Пепсиннің оңтайлы концентрациясын анықтағаннан кейін оңтайлы ферментация уақыты анықталды. Алынған зерттеу нәтижелері 5-суретте көрсетілген.

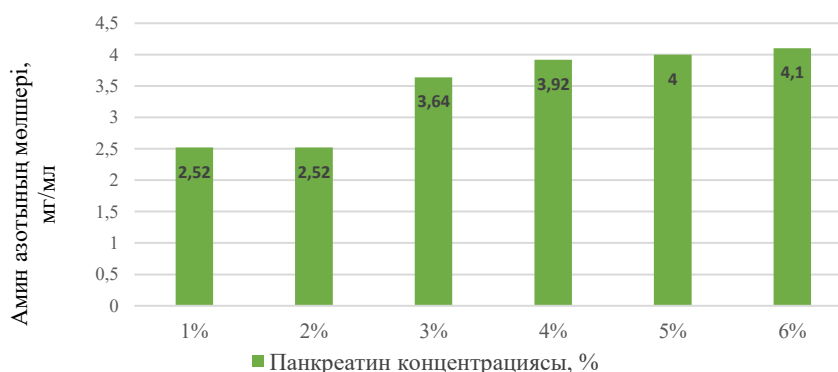
Жоғарыда келтірілген деректерге сүйене отырып, амин азотының құрамы бойынша ең қолайлы үлгі пепсинмен ферментациялаудың №4 - 24 сағаты екені анық. Зерттеу жұмысында пепсинмен ферментациялау ұзақтығымен қатар гидролиз дәрежесі 3,0%-дан 13,0%-ға дейін өсті [23].



5-сурет – Бұршақ протеинінің сығындысын пепсинмен өндеудің оңтайлы уақытын анықтау нәтижелері

Пепсинмен 24 сағаттан астам өндеу ешқандай экономикалық тиімділік көрсетпеді, сонымен қатар экстрактивті заттардың шығымы бойынша айтарлықтай айырмашылықты тудырмады. Осылайша, кезекті эксперименттік зерттеулер жүргізу үшін бұршақ ақуызын пепсинмен ферментативті экстракциялаудың оңтайлы уақыты 24 сағатты құрайды.

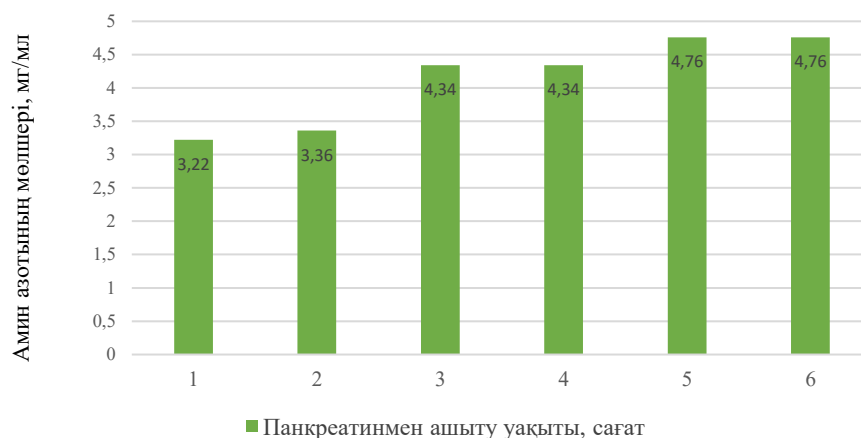
5. *Қосылатын панкреатиннің оңтайлы мөлшері.* Пепсинмен ферментациялаудан кейін панкреатинмен оңтайлы өндеу бойынша зерттеулер жүргізілді. Панкреатин - карбоксипептидаза белсенділігін көрсететін сериндік протеаза. Бұл гистидин, серин және аспаратат түзетін пептидтік байланыстарды қамтитын белсенді орталықтары бар триптикалық, химотриптикалық және эластаза түрлерімен сипатталатын ферменттердің қоспасы [24]. Эксперименттік сұйықтықты пепсинмен оңтайлы өндеуден кейін қосылған панкреатин ферментінің тиімді мөлшері анықталды. Зерттеу нәтижелері 6-суретте көрсетілген.



6-сурет – Ферментация процесінде бұршақ ақуызының сулы сығындысына қосу үшін панкреатиннің оңтайлы концентрациясын анықтау нәтижелері

Ұсынылған тәжірибелік нәтижелерге сүйене отырып, аминокот мөлшері бойынша №4 үлгі ең қолайлы болып табылады, ашыту процесінде бұршақ ақуызының сығындысына 4,0% панкреатин қосылды. Бұл ретте №5 (5,0%) және №6 (6,0%) сынамаларда амин азот көрсеткіштері №4 үлгіге қарағанда біршама жоғары болды, алайда ферментті тұтыну 4%-дан жоғары, ал нәтиже айырмашылығы шамалы және экстракциялық заттардың шығымы экономикалық тұрғыдан тиімсіз.

6. *Панкреатинмен ашытудың оңтайлы уақыты.* Панкреатиннің оңтайлы концентрациясын анықтағаннан кейін бұршақ ақуызының сығындысын ферментпен өндеудің оңтайлы уақыты анықталды. Алынған зерттеу нәтижелері 7-суретте көрсетілген.



7-сурет – Бұршақ протейнінің сығындысын панкреатинмен өңдеудің оңтайлы уақытын анықтау нәтижелері

Ұсынылған зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, амин азотының ($4,76 \pm 0,02$ мг/мл) мөлшері бойынша ең қолайлы №5 үлгі – 5 сағат ашыту болып табылады. Яғни, 5 сағаттан жоғары панкреатинмен өңделу экстрактивті заттардың шығарылуында үлкен айырмашылықты көрсетпеді. Осылайша, бұршақ ақуызы гидролизденуінің соңғы сатысы – панкреатинмен ферментация уақыты 5 сағатты құрайды.

Маш ақуызы гидролизденуінің дәрежесіне уақыттың әсері зерттелінген жұмыста панкреатин гидролизі барысында уақытпен бірге көрсеткіштердің тұрақты өсуі анықталды. Панкреатин кең спецификаға ие және жоғары өнімді пептидтерді шығаратын эндо және экзозендопептидаза ретінде әрекет етеді [25, 26]. Сондай-ақ, пепсин мен панкреатин гидролизі барысында алынған амин азотының көрсеткіштері арасындағы салыстырмалы айырмашылықты байқауға болады, мұны пепсиннің салыстырмалы түрде аз спецификалық аймақтары бар екендігімен түсіндіруге болады [27].

Алынған нәтижелерге сүйене отырып, бұршақ ақуызын ферментативті жолмен алудың оңтайлы технологиялық режимі келесідей ұсынылған: бұршақ ұны мен судың арақатынасы (гидромодуль) - 25%; сулы экстракция уақыты - 24 сағат; қосылған пепсин ферментінің концентрациясы - 4,0%; пепсинмен ферментациялану уақыты - 24 сағат; қосылған панкреатин ферментінің концентрациясы - 4,0%; панкреатинмен ферментациялану уақыты - 5 сағат. Эксперименттің мақсаты асқазан-ішек жолының жұмысын имитациялау арқылы ақуыз қорытылуының *in vitro* модельін құру болды. Осылайша, тез игерілетін және спортшының денесін оңай қалпына келтіруге қабілетті өнім алу жолы жасалды.

7. Ферментация процесінің аяқталуы. Зертханалық жағдайда бұршақ ақуызының ферментативті гидролизатының (500 мл) және концентратының (400 мл) тәжірибелік партиясы әзірленіп, алынған «Ақсары» бұршақ ақуызы гидролизатына талдаулар жүргізілді. Бұл ретте, бұршақ ақуызының ферментативті гидролизатындағы жалпы ақуыз мөлшері - $7,18 \pm 0,03\%$, амин азотының мөлшері - $4,76 \pm 0,02$ мг/мл, ал оның концентратында – тиісінше $8,92\%$ және $5,38 \pm 0,02$ мг/мл құрады.

Сондай-ақ, алынған өнімнің микробиологиялық тазалығы зерттелінді. Бұршақ ақуызының ферментативті гидролизаты концентратының микробиологиялық көрсеткіштерін (жалпы ластану) зерттеу нәтижелері 1-кестеде көрсетілген.

Мәліметтерге сәйкес, микробиологиялық көрсеткіштер бойынша алынған бұршақ ақуызының гидролизат концентраты нормативтік талаптарға сәйкес келеді.

1-кесте – Бұршақ ақуызының ферментативті гидролизаты концентратының микробиологиялық көрсеткіштерін (жалпы ластану) зерттеу нәтижелері

№	Көрсеткіштердің атауы, өлшем бірліктері	Рұқсат етілген нормалар	Іс жүзінде алынған нәтижелер
1	КМАФАиМ, КОЕ/ г (см ³) не более	5x10 ⁴	<2,0x10 ¹
2	БГПК (колиформ), в 1 г (см ³)	Рұқсат етілмейді	Анықталмады
3	<i>E.coli</i> , 1 г (см ³)	-	Анықталмады
4	Патогенді микроорганизмдер, <i>сальмонелла</i> , 25 см ³	Рұқсат етілмейді	Анықталмады
5	Ашытқылар, КОЕ /г (см ³) не более	10	<1,0x10 ¹
6	Зең, КОЕ /г (см ³)	10	<1,0x10 ¹
7	<i>Staphylococcus aureus</i> , 1 г (см ³)	-	Анықталмады

Қорытынды. Алынған зерттеу нәтижелері бойынша бұршақ ақуызын ферментативті жолмен экстракциялаудың оңтайлы технологиялық режимдері әзірленді: бұршақ ұны мен судың арақатынасы (гидромодуль) - 25%; сулы экстракция уақыты - 24 сағат; қосылған пепсин ферментінің концентрациясы - 4,0%; пепсинмен ферментациялау уақыты - 24 сағат; қосылған панкреатин ферментінің концентрациясы - 4,0%; панкреатинмен ферментациялау уақыты - 5 сағатты құрады.

Зертханалық жағдайда бұршақ ақуызы ферментативті гидролизаты (500 мл) және оның концентраты (400 мл) әзірленіп, алынған «Ақсары» бұршақ ақуызының гидролизатына талдаулар жүргізілді. Бұл ретте бұршақ ақуызының ферментативті гидролизатындағы жалпы ақуыз мөлшері - 7,18±0,03%, амин азотының мөлшері - 4,76±0,02 мг/мл, ал оның концентратында - 8,92% және 5,38±0,02 мг/мл құрады. Микробиологиялық көрсеткіштер бойынша алынған бұршақ ақуызының гидролизат концентраты нормативтік талаптарға сәйкес келеді.

Бұршақ ақуызына негізделген спорттық қоспалар бұлшықеттердің қалпына келуіне және өсуіне ықпал ететін маңызды аминқышқылдарының, соның ішінде ВСАА және аргининнің бай жиынтығын ұсынатын жануарлар өнімдеріне тұрақты және тиімді балама болып табылады. Олар гипоаллергенді, оңай игеріледі және шектеулі тамақтанудағы адамдар үшін қолайлы. Бұл қасиеттер бұршақ ақуызы қоспаларын физиологиялық және функцияналдық активті, сондай-ақ экологиялық және этикалық талаптарды қанағаттандыратын спорттық тамақтану үшін құнды қосымша етеді.

Қаржыландыру. Зерттеу жұмысы BR22886613 «Ауыл шаруашылығы өнімі мен өсімдік шаруашылығы шикізатын қайта өңдеу мен сақтаудың инновациялық технологияларын әзірлеу» ғылыми-техникалық бағдарламасы шеңберінде «Спорттық тамақтануға арналған өсімдік шикізаты негізінде ақуыз-витаминді концентраттарды алу технологиясын әзірлеу» жобасы шеңберінде орындалды. Жоба Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің 2024-2026 жылдарға арналған «Білім мен ғылыми зерттеулердің қолжетімділігін арттыру» 267-бюджеттік бағдарламасы, 101 «Ғылыми зерттеулер мен іс-шараларды бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру» кіші бағдарламасы шеңберінде қаржыландырылады.

Әдебиеттер тізімі:

- [1] **Burger, T.G., & Zhang Y.** (2019). Recent progress in the utilization of pea protein as an emulsifier for food applications. In Trends in Food Science & Technology (Vol. 86, – pp. 25–33). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.007>
- [2] **Stagnari, F., Maggio A., Galieni A., & Pisante M.** (2017). Multiple benefits of legumes for

agriculture sustainability: an overview. In Chemical and Biological Technologies in Agriculture (Vol. 4, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1186/s40538-016-0085-1>

[3] **Powers, S.E.**, Thavarajah D. (2019). Checking Agriculture's Pulse: Field Pea (*Pisum Sativum* L.), Sustainability, and Phosphorus Use Efficiency. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 10). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01489>

[4] **Osborne, T.B.** (1924). *The vegetable proteins*. Longmans, Green and Company.

[5] **Dai, T.**, Li T., Li R., Zhou H., Liu C., Chen J., & McClements D.J. (2020). Utilization of plant-based protein-polyphenol complexes to form and stabilize emulsions: Pea proteins and grape seed proanthocyanidins. In *Food Chemistry* (Vol. 329, p. 127219). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127219>

[6] **Ge, J.**, Sun C., Corke H., Gul K., Gan R., & Fang Y. (2020). The health benefits, functional properties, modifications, and applications of pea (*Pisum sativum* L.) protein: Current status, challenges, and perspectives. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 19, Issue 4, – pp. 1835–1876). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12573>

[7] **Lan, Y.**, Xu M., Ohm J.-B., Chen B., & Rao J. (2019). Solid dispersion-based spray-drying improves solubility and mitigates beany flavour of pea protein isolate. In *Food Chemistry* (Vol. 278, – pp. 665–673). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.074>

[8] **Mulet-Cabero, A.-I.**, Egger L., Portmann R., Ménard O., Marze S., Minekus M., Le Feunteun S., Sarkar A., Grundy M. M.-L., Carrière F., Golding M., Dupont D., Recio I., Brodkorb A., & Mackie A. (2020). A standardised semi-dynamic in vitro digestion method suitable for food – an international consensus. In *Food & Function* (Vol. 11, Issue 2, – pp. 1702–1720). Royal Society of Chemistry (RSC). <https://doi.org/10.1039/c9fo01293a>

[9] **Wouters, A.G.B.**, Rombouts I., Fierens E., Brijs K., Delcour J.A. (2016). Relevance of the Functional Properties of Enzymatic Plant Protein Hydrolysates in Food Systems. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 15, Issue 4, – pp. 786–800). Wiley. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12209>

[10] **Potier, M.**, Tomé D. (2008). Comparison of Digestibility and Quality of Intact Proteins with Their Respective Hydrolysates. In *Journal of AOAC INTERNATIONAL* (Vol. 91, Issue 4, – pp. 1002–1006). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1093/jaoac/91.4.1002>

[11] **Nongonierma, A.B.**, O'Keeffe M. B., & FitzGerald R.J. (2016). Milk Protein Hydrolysates and Bioactive Peptides. In *Advanced Dairy Chemistry* (pp. 417–482). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2800-2_15

[12] **Liu, Y.-F.**, Oey I., Bremer P., Carne A., & Silcock P. (2017). Bioactive peptides derived from egg proteins: A review. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 58, Issue 15, – pp. 2508–2530). Informa UK Limited. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1329704>

[13] **Hou, Y.**, Wu Z., Dai Z., Wang G., & Wu G. (2017). Protein hydrolysates in animal nutrition: Industrial production, bioactive peptides, and functional significance. In *Journal of Animal Science and Biotechnology* (Vol. 8, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0153-9>

[14] **Akimova, D.**, Kakimov A., Suchinov A., Urazbayev Z., Zharykbayev Y., Ibragimov N., Bauyrzhanova A., & Utegenova A. (2024). Enzymatic hydrolysis in food processing: biotechnological advancements, applications, and future perspectives. In *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* (Vol. 18, – pp. 347–365). HACCP Consulting. <https://doi.org/10.5219/1962>

[15] GOST 29311-92. Pancreatic hydrolyzates for bacterial nutrient media. General specifications. (2004). Moscow, IPC Publishing house of standards.

[16] GOST ISO 11737-2-2011. Sterilization of medical devices. Microbiological methods. Part 2. Tests of sterility performed in the validation of a sterilization process. (2013). Moscow, Standardinform.

[17] **Akharume, F.U.**, & Aluko R.E. (2021). Modification of plant proteins for improved functionality: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20, – pp. 198–224. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12688>

[18] **Sharif, H.R.**, Williams, P. A., Sharif, M. K., et al. (2018). Current progress in the utilization of native and modified legume proteins as emulsifiers and encapsulants – A review. *Food Hydrocolloids*, 76, 2–16. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.002>

- [19] **Möller, A.C.**, Li J., van der Goot A. J., & van der Padt A. (2022). A water-only process to fractionate yellow peas into its constituents. In *Innovative Food Science & Emerging Technologies* (Vol. 75, p. 102894). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102894>
- [20] **Hamuro, Y.**, Coales S. J., Molnar K. S., Tuske S. J., & Morrow J. A. (2008). Specificity of immobilized porcine pepsin in H/D exchange compatible conditions. In *Rapid Communications in Mass Spectrometry* (Vol. 22, Issue 7, – pp. 1041–1046). Wiley. <https://doi.org/10.1002/rcm.3467>
- [21] **Pownall, T.L.**, Udenigwe C.C., Aluko R.E. (2010). Amino Acid Composition and Antioxidant Properties of Pea Seed (*Pisum sativum* L.) Enzymatic Protein Hydrolysate Fractions. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (Vol. 58, Issue 8, – pp. 4712–4718). American Chemical Society (ACS). <https://doi.org/10.1021/jf904456r>
- [22] **Barbana, C.**, Boye J.I. (2010). Angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of chickpea and pea protein hydrolysates. In *Food Research International* (Vol. 43, Issue 6, – pp. 1642–1649). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.003>
- [23] **Goertzen, A.D.**, House J. D., Nickerson M. T., & Tanaka T. (2020). The impact of enzymatic hydrolysis using three enzymes on the nutritional properties of a chickpea protein isolate. In *Cereal Chemistry* (Vol. 98, Issue 2, pp. 275–284). Wiley. <https://doi.org/10.1002/cche.10361>
- [24] **Andriamihaja, M.**, Guillot A., Svendsen A., Hagedorn J., Rakotondratohanina, S., Tomé, D., & Blachier, F. (2012). Comparative efficiency of microbial enzyme preparations versus pancreatin for in vitro alimentary protein digestion. In *Amino Acids* (Vol. 44, Issue 2, pp. 563–572). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s00726-012-1373-0>
- [25] **Whitcomb, D.C.**, Lowe M. E. (2007). Human Pancreatic Digestive Enzymes. In *Digestive Diseases and Sciences* (Vol. 52, Issue 1, – pp. 1–17). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s10620-006-9589-z>
- [26] **da Silva, R.R.** (2017). Bacterial and Fungal Proteolytic Enzymes: Production, Catalysis and Potential Applications. In *Applied Biochemistry and Biotechnology* (Vol. 183, Issue 1, – pp. 1–19). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s12010-017-2427-2>
- [27] **Zhang, M.N.**, Huang G.-R., Jiang J.-X. (2011). Iron binding capacity of dephytinised soy protein isolate hydrolysate as influenced by the degree of hydrolysis and enzyme type. In *Journal of Food Science and Technology* (Vol. 51, Issue 5, – pp. 994–999). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0586-7>

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ НОВОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗАТА БЕЛКА ГОРОХА ДЛЯ СПОРТИВНОГО ПИТАНИЯ

Велямов М.Т.*, доктор биологических наук, профессор
Уразбаев Ж.З.¹, доктор технических наук, ассоц. профессор
Велямов Ш.М., PhD
Бакытжан Т.Н., докторант КазНАИУ
Абитбекова А.У., магистр естественных наук

*ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой
промышленности», г. Алматы, Казахстан*

Аннотация. Данное исследование посвящено разработке способа получения белковых гидролизатов из районированных сортов гороха (*Pisum sativum* L.) в Казахстане для использования в спортивном питании. На основании полученных результатов исследований, отработаны оптимальные технологические режимы экстракции белка гороха ферментативным путем: соотношение муки гороха и воды (гидро модуль) - 25%; время водного экстрагирования - 24 часа; концентрация добавляемого фермента пепсина - 4,0%; время ферментации пепсином - 24 часа; концентрация добавляемого фермента панкреатина - 4,0%; время ферментации панкреатином - 5 часов. Выработана опытная партия ферментативного гидролизата белка гороха и его концентрата в лабораторных условиях и проведены анализы полученного гидролизата белка. При этом, содержание сырого протеина в ферментативном гидролизате белков гороха составило - 7,18±0,03%,

в то время как содержание аминного азота - $4,76 \pm 0,02$ мг/мл, а в его концентрате - 8,92% и $5,38 \pm 0,02$ мг/мл. По микробиологическим показателям, полученный концентрат гидролизата белка гороха соответствует нормативным требованиям. Полученные результаты являются основой разработки продукта для спортивного питания на растительной основе, обладающего значительными экологическими и пищевыми преимуществами. Спортивные добавки на основе горохового белка - это устойчивая и эффективная альтернатива животным продуктам, предлагающая богатый набор незаменимых аминокислот, включая ВСАА и аргинин, которые способствуют восстановлению и росту мышц.

Ключевые слова. Горох, гороховый гидролизат, спортивное питание, переработка, аминокислотный состав.

RELEVANCE OF DEVELOPING A NEW METHOD FOR PRODUCING ENZYMATIC PEA PROTEIN HYDROLYSATE FOR SPORTS NUTRITION

Velyamov M.T.*, doctor of biological sciences, professor
Urazbayev Zh.Z., doctor of technical sciences, associate professor

Velyamov Sh.M., PhD

Bakytzhan T.N., doctoral student

Abitbekova A.U., master of science

«Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry LLP», Almaty, Kazakhstan

Annotation. This study focuses on the development and optimization of enzymatic hydrolysis methods for producing protein hydrolysates from regional pea (*Pisum sativum* L.) varieties in Kazakhstan for use in sports nutrition. Based on the obtained research results, optimal technological conditions for the enzymatic extraction of pea protein have been developed: the ratio of pea flour to water (hydromodule) is 25%; water extraction time is 24 hours; the concentration of the added pepsin is 4.0%; the fermentation time with pepsin is 24 hours; the concentration of the added pancreatin is 4.0%; and the fermentation time with pancreatin is 5 hours. A pilot batch of enzymatic pea protein hydrolysate and its concentrate was produced under laboratory conditions, followed by comprehensive analyses. The crude protein content in the pea protein hydrolysate was determined to be $7.18 \pm 0.03\%$, with an amino nitrogen content of 4.76 ± 0.02 mg/mL. In the concentrate, these values were 8.92% and 5.38 ± 0.02 mg/mL, respectively. The microbiological indicators confirmed that the produced pea protein hydrolysate concentrate meets regulatory requirements. These findings provide a foundation for developing plant-based sports nutrition products with notable environmental and nutritional benefits. Sports supplements based on pea protein represent a sustainable and effective alternative to animal-derived products, offering a rich composition of essential amino acids, including BCAAs and arginine, which contribute to muscle recovery and growth.

Keywords: pea, pea hydrolysate, sports nutrition, processing, amino acid composition.