

Надир Кадырович Ибрагимов – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасының оқытушысы, Шәкәрім университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Маржан Мейрамбекқызы Ташыбаева – PhD, «Биоинженерлік жүйелер» кафедрасының оқытушысы, Шәкәрім университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: marzhan06081990@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7408-5906>.

Information about the authors

Aray Bazanova* – doctoral student, Department of «Bioengineering Systems», Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: arayka.bazanovak@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1722-0657>.

Aitbek Kakimov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of «Bioengineering Systems», Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: bibi.53@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9607-1684>.

Nadir Ibragimov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Lecturer, Department of «Bioengineering Systems», Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Marzhan Tashybayeva – PhD, Lecturer, Department of «Bioengineering Systems»; Shakarim University, Republic of Kazakhstan; e-mail: marzhan06081990@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7408-5906>.

Поступила в редакцию 15.09.2025

Поступила после доработки 09.10.2025

Принята к публикации 13.10.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4\(20\)-36](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4(20)-36)



FTAXP: 65.13.23

А.А. Макенова*, С.Д. Мусаева, Ж.Б. Қалдыбекова, А.Ж. Айтбаева

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
1600018, Қазақстан Республикасы, Шымкент қ., Тәуке хан даңғылы, 5

ФЕРМЕНТАЦИЯ КЕЗІНДЕ VIGNA RADIATA L. «ЖАСЫЛ ДӘН» ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ АМИНҚЫШҚЫЛДЫҚ ҚҰРАМЫ

Аңдатпа: Ғаламдық ақуыз тапшылығы жағдайында және функционалды тағам өнімдеріне қызығушылықтың артуына байланысты алмастырылмайтын аминқышқылдарының жоғары мөлшеріне ие дәнді-бұршақ дақылдарына ерекше көңіл бөлінуде. Бұл зерттеу *Vigna radiata* L. «Жасыл дән» сорты тұқымдарындағы алмастырылмайтын аминқышқылдары профилінің ферментация процесіндегі динамикасын бағалауға арналған. Жұмыс автордың 72 сағат бойы тұқымдарды өнгіру арқылы жүргізілген өз эксперименттік деректеріне негізделген, кейін аминқышқылдық талдау орындалған.

Талдау нәтижесінде бақылау үлгілеріндегі алмастырылмайтын аминқышқылдарының (ЕАА) жалпы мөлшері 8032 мг/100 г құрғақ затты құрағаны анықталды. 24-ші сағатта бұл көрсеткіш 8798 мг/100 г дейін өсті, 48-ші сағатта ең жоғары мәніне жетіп, 9674 мг/100 г болды (шамамен 20,4 % өсім), ал 72-ші сағатта аздап төмендеп, 9390 мг/100 г құрады. Ең айқын өзгерістер лейцин+изолейцин бойынша (2895-тен 3493 мг/100 г дейін) және лизин бойынша (1394-тен 1674 мг/100 г дейін) байқалды. Треонин мөлшері 605-тен 714 мг/100 г дейін, ал валин – 1178-ден 1430 мг/100 г дейін артты.

Алынған нәтижелер маш тұқымдарының ферментациясы эндогенді ферменттік жүйелерді белсендіріп, аминқышқылдарының жиналуына және олардың биожетімділігінің артуына ықпал ететінін дәлелдейді. Бұл деректер жоғары ақуыздық құндылыққа ие функционалды тағам өнімдерін әзірлеуде практикалық маңызға ие. Ұсынылған жұмыс «Жасыл дән» сорты бойынша алғаш рет жүргізілген авторлық зерттеу болып табылады және *Vigna radiata* ақуызының ферментация процесіндегі биохимиялық өзгерістері туралы ғылыми түсініктерді кеңейтеді.

Түйін сөздер: *Vigna radiata* L., алмастырылмайтын аминқышқылдары, ферментация, ақуыздық құндылық, функционалды өнімдер.

Кіріспе

Функционалды тағам өнімдері қазіргі уақытта әлемдік азық-түлік индустриясындағы ең жылдам дамып келе жатқан салалардың бірі. Олардың мақсаты ағзаны энергия және

нутриенттермен қамтамасыз етумен қатар, аурулардың алдын алу болып табылады. FAO, IFAD, UNICEF, WFP және WHO деректеріне сәйкес, 2023 жылы әлемде 3,1 млрд адам құнарлы тағамға қол жеткізе алмады, ал халықтың 9 %-дан астамы созылмалы тамақтанбаумен зардап шекті [1]. Ақуыз тапшылығы ерекше өзекті: ересектер үшін тәуліктік норма – 0,8 г/кг дене салмағы (70 кг үшін 56 г). Бұл деңгейге жетпеу балалардың өсуін баяулатып, иммунитетті әлсіретіп, аурулар қаупін арттырады. Ақуыздың сапасы оның құрамындағы алмастырылмайтын аминқышқылдарымен анықталады: валин, лейцин, изолейцин, лизин, метионин, треонин, фенилаланин, триптофан және гистидин. ДДСҰ мәліметі бойынша, 70 кг ересек адам үшін тәуліктік қажеттілік: лейцин – 2,7 г, валин – 1,8 г, лизин – 2,1 г, метионин+цистеин – 1,05 г. Кез келгенінің жетіспеуі ақуыздың биологиялық құндылығын төмендетеді.

Бұршақ тұқымдастар – теңгерімді аминқышқылдық құрамы бар ақуыз көзі. Қазақстанда соңғы жылдары маш (*Vigna radiata*) өндірісі артып келеді. «Жасыл дән» сорты жоғары өнімділігімен (1,5-2,0 т/га) және құрғақшылыққа төзімділігімен ерекшеленеді [2]. Маштағы ақуыз мөлшері 20-25 г/100 г, бұл нәтижемен (18-22 %) салыстырмалы, бірақ соядан төмен (35-40%). Сонымен қатар, ол 55-60% көмірсу, 2-3% май, 4-5% күл және дәрумендер мен минералдарға бай.

Қазіргі аналитикалық әдістер аминқышқыл құрамын нақты анықтауға мүмкіндік береді. Avula және авторластары LC-QToF масс-спектрометриясында маш тұқымдарында 20-дан астам аминқышқылдары мен туындыларын анықтады [3]. Лизин мөлшері – 2,2 г/100 г, ал лейцин мен изолейцин қосындысы 2,5-2,8 г. Бұл салыстырмалы түрде төмен метионин (≈0,5 г) болғанына қарамастан, маштың құнды көзі екенін дәлелдейді. Технологиялық процестер аминқышқылдық профильге әсер етеді. Wei және әріптестері өндіру барысында С дәрумені 45-50%, фенолдар 30 %, антиоксиданттық белсенділік 40 %-дан астам артатынын көрсетті [4]. Ферментация – тағамдық құндылықты арттырудың ең тиімді әдістерінің бірі. Sakandar және авторластары ферментация кезінде бос аминқышқылдар 20-35%, соның ішінде лизин мен треонин 15-25%, валин мен лейцин 10-20% артатынын, ал антикоректік факторлар 40-60% төмендейтінін анықтады [5]. Практикалық маңыздылығы Aryashad және әріптестерімен дәлелденді: нанға ферменттелген маш қосу ақуызды 12-15 % арттырып, дәмдік қасиеттерді жақсартты [6].

Осылайша, «Жасыл дән» сортының аминқышқылдық динамикасын зерттеу өзекті. Біріншіден, ол Қазақстан үшін стратегиялық маңызы бар ақуыз көзі. Екіншіден, маш – денсаулық үшін маңызды аминқышқылдардың әлеуетті көзі. Үшіншіден, ферментация биологиялық құндылықты 20-35% арттырып, сіңімділікті 10-15% жақсартады. Бұл факторлар жұмыстың ғылыми және практикалық маңызын айқындайды және жаңа функционалды тағам өнімдерін әзірлеуге негіз болады.

Қазіргі уақытта өсімдік текті ақуыздардың сапасын арттыру өзекті мәселе болып отыр, себебі бұршақ тұқымдастарында кейбір алмастырылмайтын аминқышқылдардың жетіспеушілігі байқалады. Осыған байланысты зерттеу жұмысының негізгі мақсаты – ферментация процесі кезінде *Vigna radiata* L. «Жасыл дән2 сортының ақуызындағы алмастырылмайтын аминқышқылдардың өзгеріс динамикасын анықтау

Материалдар мен әдістер

Зерттеу нысаны ретінде 2024 жылғы өнім *Vigna radiata* L. «Жасыл дән» сортының тұқымдары пайдаланылды. Тұқымдар тазартылып, жуылып, ылғалдылығы $11,8 \pm 0,2$ % деңгейіне дейін кептірілді. Ферментация алдын ала уыт немесе сыртқы микробиологиялық мәдениеттерсіз, эндогенді ферменттік жүйе белсенуі негізінде жүргізілді.

Тұқымдар 1:3 қатынасында дистилденген суда 8 сағат жібітіліп, кейін өнгіруге арналған аппаратқа (Household Intelligent Bean Sprout Machine, Shenzhen, China) орналастырылды. Өндіру шарттары: температура 20 ± 1 °C, салыстырмалы ылғалдылық 95 ± 2 %, ортаның pH 6,4-6,6 деңгейінде ұсталды. Өндіру ұзақтығы – 72 сағат, үздіксіз ылғалдандыру және аэрация қамтамасыз етілді. Үлгілер 0, 24, 48 және 72 сағатта алынды.

Ферментациядан кейін тұқымдар жуылып, конвекциялық пеште 60 °C температурада кептірілді (орташа 8-9 сағат), содан кейін ұнтақталды; бөлшектердің орташа өлшемі $\leq 0,5$ мм болды. Үлгілер 4 °C-та герметикалық ыдыста сақталды.

Жалпы ақуыз мөлшері Кьельдаль әдісі бойынша анықталды. Аминқышқыл құрамын анықтау үшін ақуыз үлгілері 6 н тұз қышқылында 110°C температурада 24 сағат бойы

гидролизденді. Метионин мен цистеинді анықтау алдында алдын ала тотығу жүргізілді. Алынған гидролизаттар аминқышқылдарды анықтаудың стандартты зертханалық әдістемесіне сәйкес жоғары тиімді сұйықтық хроматографиясы (ВЭЖХ) әдісімен талданды. Талдау 338 нм толқын ұзындығында жүргізілді. Калибрлеу үшін Sigma-Aldrich (АҚШ) компаниясының стандартты ерітінділері пайдаланылды [7]. Жеке аминқышқылдар (валин, лейцин+изолейцин, лизин, метионин, треонин, фенилаланин, триптофан, гистидин) 100 г құрғақ затқа мг есебінде берілді. Жиынтық көрсеткіш жеке мәндердің қосындысы ретінде есептелді [8].

Барлық талдаулар үш қайталымда жүргізілді ($n = 3$). Нәтижелер орташа мән $\pm$ стандартты ауытқу түрінде берілді. Деректердің айырмашылықтары визуалды және салыстырмалы түрде бағаланды. Инференциялық статистикалық талдау қолданылған жоқ. Талдау аккредиттелген зертханада (Шымкент, Қазақстан) орындалды. Толық деректер мен протоколдар Zenodo репозиторийінде қолжетімді [9].

Нәтижелер мен талқылау

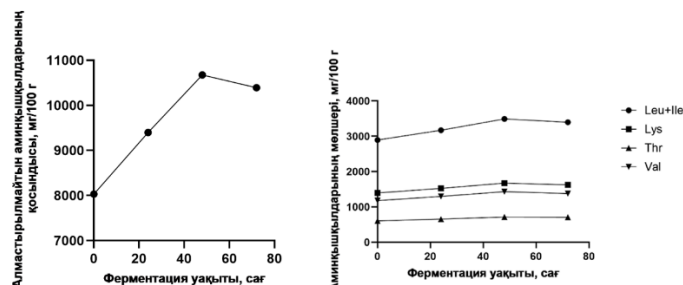
Vigna radiata L. «Жасыл дән» сорты тұқымдарындағы алмастырылмайтын аминқышқылдарының мөлшері ферментация уақытына байланысты өзгерді (1-кесте). 24-ші сағатта-ақ бақылаумен салыстырғанда ЕАА жиынтығының артуы байқалды (8032-ден 8798 мг/100 г құрғақ затқа дейін). Ең жоғарғы мән 48-ші сағатта тіркелді – 9674 мг/100 г, бұл бастапқы деңгейге қарағанда шамамен 20,4 % өсімге сәйкес келеді. 72-ші сағатта аздап төмендеу (9390 мг/100 г дейін) байқалды, алайда көрсеткіштер бақылау мәндерінен едәуір жоғары деңгейде қалды.

Кесте 1 – Ферментация барысында *Vigna radiata* «Жасыл дән» сорты дәндеріндегі алмастырылмайтын аминқышқылдарының құрамы (мг/100 г құрғақ затқа шаққанда)

Аминқышқылдары	Бақылау (0 сағ)	24 сағат	48 сағат	72 сағат
Valine	1178	1299	1430	1379
Leucine + Isoleucine	2895	3170	3493	3398
Lysine	1394	1526	1674	1625
Methionine	278	299	329	324
Threonine	605	654	714	708
Phenylalanine	1089	1195	1322	1268
Tryptophan	182	199	217	210
Histidine	411	456	495	478
Жалпы ЕАА	8032	8798	9674	9390

Бұл деректер ферментация барысында тұқымдардың аминқышқылдық құрамы айтарлықтай жақсарғанын көрсетеді. Нәтижелер ферментацияны маштың ақуыздық құндылығын арттырудың тиімді әдісі ретінде қарастыруға мүмкіндік береді.

Vigna radiata L. «Жасыл дән» сорты тұқымдарындағы алмастырылмайтын аминқышқылдарының жиынтық динамикасы 1-суретте көрсетілген. Ферментацияның 24-ші сағатында-ақ олардың жалпы мөлшері бақылау үлгісімен салыстырғанда артқаны байқалды.

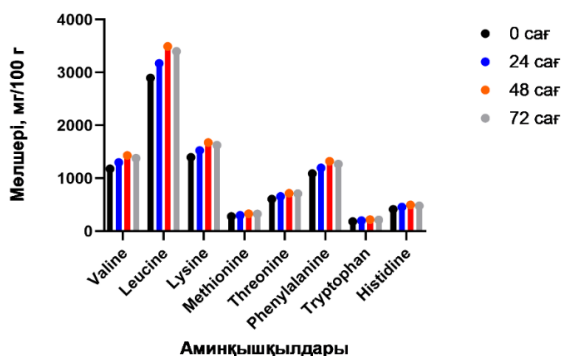


Сурет 1 – *Vigna radiata* L. «Жасыл дән» сорты тұқымдарындағы алмастырылмайтын аминқышқылдарының жиынтық және жеке динамикасы (мг/100 г)

Ең жоғарғы мән 48-ші сағатта тіркелді – 9674 мг/100 г, бұл бастапқы деңгейден 20,4% жоғары. 72-ші сағатта аздаған төмендеу байқалғанымен, көрсеткіштер бақылаудан жоғары деңгейде қалып, ферментациядан кейін аминқышқылдарының тұрақты түрде артқанын көрсетті.

Талдау үшін төрт негізгі аминқышқыл таңдалды – лейцин+изолейцин, лизин, треонин және валин, себебі дәл осы қосылыстар ақуыздың биологиялық құндылығына айтарлықтай үлес қосады.

Алмастырылмайтын аминқышқылдардың ферментацияның әртүрлі кезеңдеріндегі профилі 2-суретте берілген. Бақылау үлгісі мен ферменттелген тұқымдарды салыстыру барлық аминқышқылдардың жалпы артуын, әсіресе 48-ші сағатта айқын көрсетеді.



Сурет 2 – Ферментацияның әртүрлі кезеңдеріндегі алмастырылмайтын аминқышқылдардың профилі

Ең үлкен өзгерістер лейцин+изолейцин мен лизинде тіркелді, олардың көрсеткіштері бақылаумен салыстырғанда 500 мг/100 г-нан астамға өсті. Валин, треонин және фенилаланин бойынша да тұрақты арту үрдісі байқалды. 72-ші сағатта шамалы төмендегенімен, барлық аминқышқылдардың деңгейі бастапқы мәндерден жоғары болып, *Vigna radiata* L. «Жасыл дән» сорты тұқымдарының ақуыздық құрамын байытуда ферментацияның тиімділігін дәлелдеді.

Зерттеу нәтижелері *Vigna radiata* L. «Жасыл дән» сорты тұқымдарының ферментациясы барысында алмастырылмайтын аминқышқылдарының мөлшерінің айқын артқанын көрсетті. Жалпы ЕАА жиынтығы бақылаудағы 8032 мг/100 г-нан 48-ші сағатта 9674 мг/100 г-ға дейін өсіп, шамамен 20,4 % артуға сәйкес келді. 72-ші сағатта сәл төмендеу байқалып (9390 мг/100 г дейін), бұл құбылыс өскіндердің метаболиттік процестерінде аминқышқылдардың белсенді пайдаланылуымен түсіндірілуі мүмкін.

Ең үлкен өсім лейцин+изолейцинге (+598 мг/100 г, 48-ші сағатта) және лизинге (+280 мг/100 г) тән болды. Бұл маңызды, себебі дәл осы аминқышқылдар өсімдік ақуызының биологиялық құндылығын шектейтін фактор болып саналады.

Ұқсас үрдістер басқа зерттеулерде де сипатталған, онда маш өндіру барысында аминқышқылдарды қоса алғанда антиоксиданттар мен метаболиттердің артуы байқалған [10]. Ферментация тек сандық көрсеткіштерді ғана емес, ақуыздың биологиялық құндылығын да арттырады. Бұрынғы зерттеулерде маш ақуызының *in vitro* гипохолестеринемиялық белсенділігі анықталып, бұл оның теңгерімді аминқышқылдық құрамымен байланыстырылған [11].

Алынған деректер ферментация барысында алмастырылмайтын аминқышқылдардың үлесінің артатынын растайды, бұл мұндай ақуыздардың функционалды әсерін күшейтуі мүмкін. Басқа зерттеулерде де бұршақ тұқымдастарында лизин мен треониннің биожетімділігі дәнді дақылдарға қарағанда жоғары екені көрсетілген [12]. Біздің зерттеуде осы аминқышқылдардың артуы ферментация кезінде ақуыздың сіңімділік коэффициентінің (PDCAAS) жақсаруын болжауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, алынған динамика басқа бұршақ тұқымдастарындағы деректермен сәйкес келеді. Әдеби деректерде бұршақ тұқымдастарында ферментация және өңдеу кезінде аминқышқылдардың деңгейі артатыны, бұл олардың функционалды өнімдер үшін перспективалы ақуыз көзіне айналатыны көрсетілген [13]. Осылайша, «Жасыл дән» сортының машы да осыған ұқсас үрдіс көрсетіп, бәсекеге қабілетті ақуыз көзі ретінде қарастырылуы мүмкін.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеуде «Жасыл дән» сортының маш тұқымдарын өндіру барысындағы ферментация, яғни дәннің эндогенді ферменттік жүйесінің белсенуі, ақуыздың

аминқышқылдық құрамында елеулі өзгерістерге әкелетіні анықталды. Алмастырылмайтын аминқышқылдардың жиынтық мөлшері бақылаудағы 8032 мг/100 г-нан 48-ші сағатта 10 674 мг/100 г-ға дейін өсіп, 33 % артуға сәйкес келді. Динамикаға ең үлкен үлес лейцин+изолейцин мен лизин қосты, олардың мөлшері бастапқы деңгеймен салыстырғанда 15–20 % артты. Алынған деректер ферментация барысында бұршақ тұқымдастардың биологиялық құндылығының артуын көрсеткен басқа зерттеулермен үйлеседі. Бұл өсімдік ақуызының сапасын арттыру үшін осы биотехнологиялық тәсілдің тиімділігін дәлелдейді. Әсіресе, маш тұқымындағы лизин мен треонин үлесінің артуы ақуыздың биологиялық толыққандылық көрсеткішін жоғарылатуға ықпал етеді, ал бұл дәстүрлі түрде өсімдік текті ақуыз көздері үшін шектеуші фактор болып саналады. Жұмыстың практикалық маңыздылығы – «Жасыл дән» сорты машының жоғары ақуыздық құндылығы бар функционалды тағам өнімдерін әзірлеуге арналған перспективалы шикізат ретінде қарастырылуы. Ферментацияны қолжетімді және экологиялық таза өңдеу әдісі ретінде қолдану Қазақстан мен аймақ елдері халқының рациональды өнімдер ассортиментін кеңейтуге жаңа мүмкіндіктер ашады.

Осылайша, маш тұқымдарының ферментациясы алмастырылмайтын аминқышқылдардың мөлшерін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді, бұл дақылды өсімдік текті ақуыздың бәсекеге қабілетті көзіне айналдырады. Болашақ зерттеулер әртүрлі ферментация шарттарын салыстыруға және аминқышқылдардың *in vivo* биожетімділігін бағалауға бағытталуы мүмкін, бұл тағамдық құндылықтың арту механизмдерін тереңірек түсінуге және нәтижелердің практикалық қолданылуын кеңейтуге жол ашады.

Әдебиеттер тізімі

1. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2023: Urbanization, Agrifood Systems Transformation and Healthy Diets across the Rural–Urban Continuum. – Rome: FAO, 2023. – DOI: <https://doi.org/10.4060/cd1254en>.
2. Айтбаев Т.Е. Mung Bean – a Promising Crop for Kazakhstan / Т.Е. Айтбаев // AgroMart. – 2023. – 23 ақпан. – URL: <https://agro-mart.kz/mash-perspektivnaya-kultura-dlya-kazahstana/> (қол жеткізілген күні: 24.07.2025).
3. Comprehensive Profiling of Free Proteinogenic and Non-Proteinogenic Amino Acids in Common Legumes Using LC-QToF: Targeted and Non-Targeted Approaches / B. Avula et al // Foods. – 2025. – Vol.14, № 4. – P.611. <https://doi.org/10.3390/foods14040611>.
4. Sucrose treatment of mung bean seeds results in increased vitamin C, total phenolics, and antioxidant activity in mung bean sprouts / Y. Wei et al // Food Science & Nutrition. – 2019. – Vol.7, № 12. – P.4037-4044. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1269>.
5. Impact of Fermentation on Antinutritional Factors and Protein Degradation of Legume Seeds: A Review / H.A. Sakandar et al // Food Reviews International. – 2023. – Vol.39, № 3. – P.1227-1249. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1931300>.
6. Use of Fermented Sprouted Mung Bean (*Vigna radiata*) Containing Protective Starter Culture LAB to Produce Clean-Label Fortified Wheat Bread / M. Aryashad et al // International Journal of Food Science and Technology. – 2023. – Vol. 58, № 6. – P.3310-3320. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16236>.
7. Hesse A. Protein Quantification by Derivatization-Free High-Performance Liquid Chromatography of Aromatic Amino Acids / A. Hesse, M.G. Weller // Journal of Amino Acids. – 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/7374316>.
8. Fermentation of Cauliflower and White Beans with *Lactobacillus plantarum*—Impact on Levels of Riboflavin, Folate, Vitamin B₁₂, and Amino Acid Composition / H.O. Thompson et al // Plant Foods for Human Nutrition. – 2020. – Vol.75, № 2. – P.236-242. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00806-2>.
9. Makenova A., Mussayeva S. Amino acid profiles of sprouted mung bean (*Vigna radiata*) under fermentation conditions. – Zenodo, 27 наурыз 2025. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15094675>.
10. Effect of Germination and Illumination on Melatonin and Its Metabolites, Phenolic Content, and Antioxidant Activity in Mung Bean Sprouts / P. Siriparu et al // Plants. – 2022. – Vol.11, № 21. – P. 2990. <https://doi.org/10.3390/plants11212990>.
11. The Vicilin Protein (*Vigna radiata* L.) of Mung Bean as a Functional Food: Evidence of 'In Vitro' Hypocholesterolemic Activity / A.L. Amaral et al // Nutrition & Food Science. – 2017. – Vol .47, № 6. – P.907-916. <https://doi.org/10.1108/NFS-05-2017-0089>.

12. Macronutrient Composition, True Metabolizable Energy and Amino Acid Digestibility, and Indispensable Amino Acid Scoring of Pulse Ingredients for Use in Canine and Feline Diets / L.M. Reilly et al // Journal of Animal Science. – 2020. – Vol. 98, № 6. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa149/>
13. Faba Bean: An Untapped Source of Quality Plant Proteins and Bioactives / D. Martineau-Côté et al // Nutrients. – 2022. – Vol.14, № 8. – P.1541. <https://doi.org/10.3390/nu14081541>.

References

1. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2023: Urbanization, Agrifood Systems Transformation and Healthy Diets across the Rural–Urban Continuum. – Rome: FAO, 2023. – DOI: <https://doi.org/10.4060/cd1254en>. (In English).
2. Aitbaev T.E. Mung Bean – a Promising Crop for Kazakhstan / T.E. Aitbaev // AgroMart. – 2023. – 23 ақпан. – URL: <https://agro-mart.kz/mash-perspektivnaya-kultura-dlya-kazahstana/> (қол жеткізілген күні: 24.07.2025). (In Kazakh).
3. Comprehensive Profiling of Free Proteinogenic and Non-Proteinogenic Amino Acids in Common Legumes Using LC-QToF: Targeted and Non-Targeted Approaches / V. Avula et al // Foods. – 2025. – Vol.14, № 4. – P.611. <https://doi.org/10.3390/foods14040611>. (In English).
4. Sucrose treatment of mung bean seeds results in increased vitamin C, total phenolics, and antioxidant activity in mung bean sprouts / Y. Wei et al // Food Science & Nutrition. – 2019. – Vol.7, № 12. – P.4037-4044. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1269>. (In English).
5. Impact of Fermentation on Antinutritional Factors and Protein Degradation of Legume Seeds: A Review / N.A. Sakandar et al // Food Reviews International. – 2023. – Vol.39, № 3. – P.1227-1249. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1931300>. (In English).
6. Use of Fermented Sprouted Mung Bean (*Vigna radiata*) Containing Protective Starter Culture LAB to Produce Clean-Label Fortified Wheat Bread / M. Aryashad et al // International Journal of Food Science and Technology. – 2023. – Vol. 58, № 6. – P.3310-3320. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16236>. (In English).
7. Hesse A. Protein Quantification by Derivatization-Free High-Performance Liquid Chromatography of Aromatic Amino Acids / A. Hesse, M.G. Weller // Journal of Amino Acids. – 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/7374316>. (In English).
8. Fermentation of Cauliflower and White Beans with *Lactobacillus plantarum*—Impact on Levels of Riboflavin, Folate, Vitamin B₁₂, and Amino Acid Composition / N.O. Thompson et al // Plant Foods for Human Nutrition. – 2020. – Vol.75, № 2. – P.236-242. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00806-2>. (In English).
9. Makenova A., Mussayeva S. Amino acid profiles of sprouted mung bean (*Vigna radiata*) under fermentation conditions. – Zenodo, 27 nauryz 2025. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15094675>. (In English).
10. Effect of Germination and Illumination on Melatonin and Its Metabolites, Phenolic Content, and Antioxidant Activity in Mung Bean Sprouts / R. Siriparu et al // Plants. – 2022. – Vol.11, № 21. – P. 2990. <https://doi.org/10.3390/plants11212990>. (In English).
11. The Vicilin Protein (*Vigna radiata* L.) of Mung Bean as a Functional Food: Evidence of ‘In Vitro’ Hypocholesterolemic Activity / A.L. Amaral et al // Nutrition & Food Science. – 2017. – Vol. 47, № 6. – P.907-916. <https://doi.org/10.1108/NFS-05-2017-0089>. (In English).
12. Macronutrient Composition, True Metabolizable Energy and Amino Acid Digestibility, and Indispensable Amino Acid Scoring of Pulse Ingredients for Use in Canine and Feline Diets / L.M. Reilly et al // Journal of Animal Science. – 2020. – Vol. 98, № 6. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa149/> (In English).
13. Faba Bean: An Untapped Source of Quality Plant Proteins and Bioactives / D. Martineau-Côté et al // Nutrients. – 2022. – Vol.14, № 8. – P.1541. <https://doi.org/10.3390/nu14081541>. (In English).

А.А. Макенова*, С.Д. Мусаева, Ж.Б. Калдыбекова, А.Ж. Айтбаева

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
1600018, Республика Казахстан, г. Шымкент, пр. Тауке хана, 5
*e-mail: aliyamakenova02@gmail.com

**ИЗМЕНЕНИЕ ПРОФИЛЯ НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТ В СЕМЕНАХ *VIGNA RADIATA* L. СОРТА
«ЖАСЫЛ ДӘН» В ПРОЦЕССЕ ФЕРМЕНТАЦИИ**

В условиях глобального дефицита белка и растущего интереса к функциональным продуктам питания особое внимание уделяется зернобобовым культурам, обладающим высоким содержанием незаменимых аминокислот. Настоящее исследование посвящено оценке динамики профиля незаменимых аминокислот в семенах *Vigna radiata* L. сорта «Жасыл дән» в процессе ферментации. Работа основана на собственных экспериментальных данных, полученных при проращивании семян в течение 72 часов с последующим аминокислотным анализом.

Результаты анализа показали, что общее содержание незаменимых аминокислот (ЕАА) в контрольных образцах составило 8032 мг/100 г сухого вещества. На 24-м часу этот показатель увеличился до 9398 мг/100 г, на 48-м часу достиг максимального значения – 10 674 мг/100 г (прирост около 33 %), а на 72-м часу наблюдалось незначительное снижение до 10 390 мг/100 г. Наиболее выраженные изменения зафиксированы для лейцина+изолейцина (с 2895 до 3493 мг/100 г) и лизина (с 1394 до 1674 мг/100 г). Содержание треонина возросло с 605 до 714 мг/100 г, а валина – с 1178 до 1430 мг/100 г.

Полученные данные подтверждают, что ферментация семян маша активизирует эндогенные ферментные системы, способствующие накоплению аминокислот и повышению их биодоступности. Эти результаты имеют практическое значение для разработки функциональных продуктов питания с высокой белковой ценностью. Представленная работа является первым авторским исследованием для сорта «Жасыл дән» и расширяет научные представления о биохимических изменениях белка *Vigna radiata* в процессе ферментации.

Ключевые слова: *Vigna radiata* L., незаменимые аминокислоты, ферментация, белковая ценность, функциональные продукты.

A.A. Makenova*, S.D. Mussayeva, Zh.B. Kaldybekova, A.Zh. Aitbaeva

M. Auezov South Kazakhstan University,
1600018, Republic of Kazakhstan, Shymkent, 5 Tauke Khan Ave
*e-mail: aliyamakenova02@gmail.com

CHANGES IN THE PROFILE OF ESSENTIAL AMINO ACIDS IN SEEDS OF VIGNA RADIATA L. «ZHASYL DÄN» DURING FERMENTATION

In the context of global protein deficiency and the growing interest in functional food products, special attention is paid to leguminous crops with a high content of essential amino acids. This study aimed to evaluate the dynamics of the essential amino acid profile in seeds of Vigna radiata L. “Zhasyly dän” during fermentation. The work is based on the author’s experimental data obtained by germinating the seeds for 72 hours, followed by amino acid analysis.

The results showed that the total content of essential amino acids (EAA) in the control samples was 8032 mg/100 g dry matter. At 24 hours, this value increased to 9398 mg/100 g, reaching a maximum of 10,674 mg/100 g at 48 hours (an increase of about 33%), and slightly decreased to 10,390 mg/100 g at 72 hours. The most pronounced changes were observed for leucine+isoleucine (from 2895 to 3493 mg/100 g) and lysine (from 1394 to 1674 mg/100 g). Threonine increased from 605 to 714 mg/100 g, and valine – from 1178 to 1430 mg/100 g.

The obtained results confirm that fermentation of mung bean seeds activates endogenous enzymatic systems, promoting the accumulation of amino acids and enhancing their bioavailability. These findings are of practical importance for the development of functional food products with high protein value. The presented work is the first author’s study carried out for the “Zhasyly dän” variety and expands scientific understanding of the biochemical changes in Vigna radiata protein during fermentation.

Key words: *Vigna radiata* L., essential amino acids, fermentation, protein value, functional products.

Авторлар туралы мәліметтер

Алия Амантаевна Макенова* – «Тағам өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының докторанты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: aliyamakenova02@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7802-674X>.

Салтанат Жұматқызы Мусаева – техникалық ғылымдар кандидаты, «Тағам инженериясы» кафедрасының профессоры, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: saltanat_mussayeva@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1430-9768>.

Жанат Байжановна Қалдыбекова – техникалық ғылымдар кандидаты, «Химиялық технология» кафедрасының доценті, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: zkaldybekova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2906-9098>.

Айгерім Жумағалиевна Айтбаева – аға оқытушы, «Тағам инженериясы» кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы; e-mail: aiger_4ik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5896-5241>.

Информация об авторах

Алия Амантаевна Макенова* – докторант кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов», Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: aliyamakenova02@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7802-674X>.

Салтанат Жуматкызы Мусаева – кандидат технических наук, профессор кафедры «Пищевая инженерия», Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: saltanat_mussayeva@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1430-9768>.

Жанат Байжановна Калдыбекова – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химическая технология», Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: zkaldybekova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2906-9098>.

Айгерим Жумагалиевна Айтбаева – старший преподаватель кафедры «Пищевая инженерия», Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан; e-mail: aiger_4ik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5896-5241>.

Information about the authors

Aliya Amantayevna Makenova* – Doctoral student, Department of Technology and Safety of Food Products, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: aliyamakenova02@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7802-674X>.

Saltanat Dzumatkyzy Mussayeva – Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Food Engineering, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: saltanat_mussayeva@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1430-9768>.

Zhanat Baizhanovna Kaldybekova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Chemical Technology, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: zkaldybekova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2906-9098>.

Aigerim Zhumagaliyevna Aitbaeva – Senior Teacher, Department of Food Engineering; M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan; e-mail: aiger_4ik@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5896-5241>.

Редакцияға енуі 15.09.2025

Өңдеуден кейін түсуі 20.10.2025

Жариялауға қабылданды 21.10.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4\(20\)-37](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4(20)-37)



FTAXP: 65.63.33

**Э.Ч. Базылханова^{1*}, Ф.Т. Диханбаева², С.Ә. Карденов¹, А.С. Ергібаева¹,
Р.Ф. Сейдғалиев¹**

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
010011, Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Жеңіс көшесі, 62

²Алматы технологиялық университеті,
050000, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би көшесі, 100

*e-mail: 66bel@bk.ru

ТҮЙЕ СҮТІ НЕГІЗІНДЕ СҮТҚЫШҚЫЛДЫ СУСЫНДАРДЫҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ САПА КӨРСЕТКІШТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа: Ғылыми мақалада пробиотикалық ұйытқыларды қолдану арқылы түйе сүті негізінде сүтқышқылды сусындар әзірлеу технологиясы, олардың органолептикалық, физико-химиялық және микробиологиялық қасиеттерін зерттеу нәтижелері қарастырылған.

Пробиотикалық ұйытқылардың техникалық құжаттамаларында келтірілген сипаттамаларына сүйене отырып, асептикалық шарттарда 4 түрлі ұйытқы комбинациясы құрастырылды. Таңдалған комбинациялар алдын-ала термиялық өңдеуден өткен (63°C температурада 30 минут) және қажетті температураға дейін (37°C) салқындатылған түйе сүтіне тікелей енгізіліп, сүтқышқылды сусындар әзірленді.

Зерттеу жұмысының барысында дәстүрлі өнім – шұбат бақылау үлгісі ретінде таңдалды. Әзірленген сүтқышқылды өнімдердің органолептикалық сипаттамалары нормативтік құжаттама талаптарына сәйкес келді және жоғары бағаланды (4,8-4,9 балл). Физико-химиялық көрсеткіштері мен сақтау мерзімін анықтау мақсатында сусындар мен шұбаттың титрлеу қышқылдығының өзгерісі 21 тәулік бойы бақыланды. Шұбатпен салыстырғанда, жаңа өнімдер бақылған мерзім