

Serik Askerbekovich Kardenov – Candidate of Technical Sciences, acting associate professor of the Department of «Food Technology and Processing Products», «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: serik.69@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6198-1189>.

Alina Serikovna Yergibayeva – Master's student of the Department of «Food Technology and Processing Products», «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: alinaadsl@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0734-2096>.

Rakhat Faizovich Seidgaliyev – Master's student of the Department of «Food Technology and Processing Products», «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: rahatik_xd@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5248-6047>.

Редакцияға енуі 17.09.2025

Өңдеуден кейін түсуі 22.10.2025

Жариялауға қабылданды 23.10.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4\(20\)-38](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-4(20)-38)



FTAXP: 65.09.03; 65.09.30

Л.А.Мурат*, Б.С. Шайменова, Д.К. Айтмухамбетов, Г.Х. Оспанкулова

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қаласы, Жеңіс даңғылы, 62

*e-mail: linaraazamatkyzy@mail.ru

БҰРШАҚ ЖӘНЕ ДӘНДІ ДАҚЫЛДАРДАН АЛЫНҒАН АҚУЫЗ ИЗОЛЯТТАРЫНЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ ЖӘНЕ ЕТ АЛМАСТЫРҒЫШТАР ӨНДІРІСІНДЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ

Аңдатпа: Бұл жұмыста бұршақ, соя, бидай және жүгеріден алынған ақуыз изоляттарының шығымы, химиялық құрамы, физика-химиялық және түстік (CIE Lab*) сипаттамалары, сондай-ақ аминқышқылдық профилі кешенді зерттелді. Ақуыздарды бөліп алу сілтілік экстракция әдісімен (0,1 М NaOH, pH 9, 30°C, 60 мин) жүргізілді. Экстракция тиімділігі барлық үлгілерде жоғары болып, 83,25-85,21% аралығында өзгерді; ең жоғары шығым сояда (31,1%) және бұршақта (21,23%) тіркелді. Изоляттардың ақуыз үлесі 69,37-79,36% диапазонында болды; май мөлшері сояда ең төмен (0,12%), ал көмірсулар бидай изолятында жоғары (19,2%). Тығыздық көрсеткіштері бидай изолятында сусымалы (0,52 г/мл) және нығыздалған (0,73 г/мл) мәндердің жоғары екенін көрсетті, бұл өтке ұқсас талшықты құрылым түзуге қолайлы. Түстік талдау барлық изоляттардың жоғары жарықтыққа ($L^* = 80,15-85,47$) ие екенін айқындады. Аминқышқылдық профиль бойынша бұршақ пен соя теңгерімді құрамымен ерекшеленді (лизин және аргинин жоғары), ал жүгері (зеин) мен бидайда лизин шектеуші фактор болды. Нәтижелер өсімдік негізді ет алмастырғыштар өндірісінде бұршақ және соя ақуыздарын базалық компоненттер, бидай (глютен/желімтік) мен жүгеріні құрылым қалыптастыратын функционалдық қосымша компоненттер ретінде пайдаланудың ғылыми негізділігін дәлелдейді.

Түйін сөздер: өсімдік ақуызы, изолят, физика-химиялық қасиеттер, аминқышқылдық профиль, ет алмастырғыш.

Кіріспе

Қазіргі таңда өсімдік тектес шикізат негізінде ет алмастырғыштарды өндіру технологияларын зерттеу және енгізу қарқынды дамып келеді. Бұл үрдіс тек тұтынушылардың тағамдық өнімдерді таңдаудағы жаңа ұстанымдарымен ғана емес, сондай-ақ жаһандық экологиялық және әлеуметтік сын-қатерлермен де тікелей байланысты. БҰҰ-ның Азық-түлік және ауыл шаруашылығы ұйымының (FAO) мәліметтері бойынша, алдағы жылдары әлем халқының азық-түлікке деген сұранысы шамамен 70%-ға артып, бұл табиғи ресурстарды пайдаланудың ұлғаюына әкелуі мүмкін [1]. Сонымен қатар, мал шаруашылығы саласы парниктік газдардың басты көздерінің бірі болып қала береді, бұл жер пайдалану құрылымындағы өзгерістермен, ормандардың жойылуымен және су ресурстарының шамадан тыс пайдаланылуымен байланысты [2, 3].

Осыған байланысты өсімдік ақуызы негізіндегі ет алмастырғыштарды дамыту қоршаған ортаға түсетін антропогендік салмақты азайтып, жануар тектес ақуызға тәуелділікті төмендетудің болашағы зор және экологиялық тұрғыдан тиімді шешімі болып саналады [4].

Бұл өнімдер тұтынушыларға жануар тектес өнімдерге тең тағамдық құндылығы бар баламаны ұсынуға мүмкіндік береді [5]. 2019 жылы өсімдік тектес өнімдер өндірісінің әлемдік нарық көлемі 4,51 млрд АҚШ долларын құрап, тұрақты өсім көрсетті, ал 2027 жылға қарай бұл көрсеткіштің екі еселеніп, 8,82 млрд АҚШ долларына жетуі күтілуде [6].

Зерттеу саласында басты назар соя, бұршақ, бидай және жүгері секілді өсімдік ақуызының негізгі көздеріне аударылады. Соя ақуызы өзінің аминқышқылдық құрамы мен функционалдық қасиеттерінің кең спектрі арқасында құнды шикізат болып табылады. Ол гель түзу, эмульгирлеу және көбіктендіру қабілетімен, сондай-ақ өңдеу барысында ылғал мен майды тиімді ұстап тұру қасиеттерімен ерекшеленеді [7]. Бұршақ ақуызы жоғары антиаллергендік қасиеттері мен генетикалық модификацияның болмауымен ерекшеленеді және аминқышқылдық профилінің байлығымен құнды болып саналады [8]. Сонымен қатар, бұршақ антиоксиданттық белсенділікке ие және гидролизденген түрінде ішек микробиотасының құрамына оң әсер етеді [9].

Бидай ақуызының негізгі компоненті глютен (желімтік) болып табылады, ол талшықты құрылым түзіп, өнімдердің шайналғыштығын және тығыздығын арттырады, бұл экструзиялық өнімдер өндірісінде маңызды артықшылық [10]. Бұршақ ақуызы бидайдың глютенін (желімтігін) біріктіре өңдеу нәтижесінде талшықты морфологиясы айқын материалдар алынады. Бұл глютеннің (желімтіктің) құрылым қалыптастырудағы рөлін және ақуыз матрицасының жеткілікті беріктігін көрсетеді. Бұл қасиеттер ақуызды қоспаларды етке ұқсас талшықты құрылымдар қалыптастыруда перспективалы компонент ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Жүгерінің зеин ақуызы жоғары гидрофобтылығымен және үлдір түзу қабілетімен ерекшеленеді, бірақ алмастырылмайтын аминқышқылдарының (лизин мен триптофан) жетіспеушілігі себебінен оны басқа ақуыздармен үйлестіре қолдану қажет [11].

Осыған орай, бұршақ, соя, бидай және жүгеріден алынған ақуыз изоляттарының химиялық құрамы мен функционалды-технологиялық қасиеттерін салыстырмалы талдау өсімдік негізді ет алмастырғыштарды өндіру технологияларын жетілдірудің маңызды алғышарты болып табылады; мұндай талдау дайын өнімнің құрылымын оңтайландырып, оның жоғары тағамдық құндылығы мен тұтынушылық сапасын қамтамасыз ететін ақуызды шикізат көздерінің ең тиімді үйлесімдерін айқындауға мүмкіндік береді. Осы зерттеудің мақсаты — аталған дақылдардан алынған ақуыз изоляттарының физика-химиялық қасиеттері мен аминқышқылдық профилін кешенді бағалау арқылы өсімдік негізді ет алмастырғыштарды өндіруге арналған ең тиімді шикізат көздерін ғылыми тұрғыдан негіздеу.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу нысандары: Зерттеу үлгілері ретінде соя дәндері, бұршақ тұқымдары, жүгері және бидай дәндері пайдаланылды. Барлық үлгілер эксперимент басталғанға дейін 18°C температурада сақталды.

Ақуызды бөліп алу әдістері:

Бұршақ және соя: Ақуызды бөліп алу дәстүрлі сілтілі экстракция әдісімен жүзеге асырылды. Ақуыздар 0,1 M NaOH ерітіндісінде, pH 9, 30°C температурада ерітіліп, кейін центрифугаланды (Narale et al., 2024) [12].

Жүгері: US20020183490 патентінде сипатталған жүгері майы мен ақуызын кешенді алу әдісі қолданылды.

Бидай: Сорочинский және әріптестері (2006) ұсынған тағамдық глютенді оқшаулау әдісі пайдаланылды. Бұл әдіс ұнды жуу және крахмалды кетіру кезеңдерін қамтиды [13].

Химиялық құрамды талдау:

Ылғалдылық мөлшері – AOAC (2005) әдісі бойынша RADWAG Mac 210 анализаторында анықталды [14].

Минералды заттар – AOAC 942.05 (2022) стандарты бойынша [15].

Май мөлшері – Сокслет аппараты арқылы AOAC 920.85 (2005) әдісімен [16].

Көмірсулар – антрон әдісімен (McCleary & McLoughlin, 2021) [17].

Ақуыз мөлшері – Кьелдаль әдісі бойынша AOAC 985.29 стандартымен (William, 2000) [18].

Аминқышқылдық құрамы – AOAC 994.12 (2005) әдісімен анықталып, нәтижелер % ЕАА түрінде берілді [19].

Физикалық қасиеттерді анықтау:

Түс параметрлері – Dabbour et al. (2018) әдістемесі бойынша CIE Lab* жүйесінде [20].

Сусымалы тығыздық – Dabbour et al. (2018) әдісі [20].

Нығыздалған тығыздық – Naik et al. (2022) әдісі бойынша [21].

Статистикалық өңдеу: Барлық тәжірибелер үш рет қайталанып орындалды. Нәтижелер орташа мән $\pm$ стандартты ауытқу түрінде көрсетілді. Деректерді өңдеу үшін математикалық статистика әдістері және стандартты бағдарламалық қамтамасыз ету қолданылды.

Нәтижелер және талқылау

Өсімдік тектес ет алмастырғыштарға арналған шикізатты іріктеу. Зерттелген өсімдік шикізатының (бұршақ, соя, жүгері, бидай) проксималды құрамы Кесте 1-де келтірілген. Ылғалдылықтың бұршақта 7,51%, бидайда 14,11% болуы әдеби деректердегі 5,0-14% аралығымен үйлеседі [22]. Ылғалдылық жоғарылаған сайын май үлесі төмендеу, ал ылғалдылық төмен болғанда май үлесі жоғарылау үрдісі байқалды [23]. Осы заңдылыққа сәйкес, майдың ең төмен мәні бидайда (1,36%), ал ең жоғарысы сояда (16,4%) тіркелді.

Кесте 1 – Өсімдік шикізатының химиялық құрамы

Үлгі	Ылғалдылық, %	Ақуыз, %	Май, %	Көмірсулар, %	Минералдар, %
Бұршақ	7,51 $\pm$ 0,01	25,5 $\pm$ 0,24	4,3 $\pm$ 0,2	51,4 $\pm$ 0,04	2,14 $\pm$ 0,04
Соя	9,23 $\pm$ 0,01	36,5 $\pm$ 0,49	16,4 $\pm$ 0,2	34,8 $\pm$ 0,37	2,03 $\pm$ 0,26
Жүгері	11,8 $\pm$ 0,24	7,4 $\pm$ 0,08	4,07 $\pm$ 0,07	66,34 $\pm$ 0,02	1,14 $\pm$ 0,03
Бидай	14,11 $\pm$ 0,10	10,8 $\pm$ 0,07	1,36 $\pm$ 0,10	70,6 $\pm$ 0,5	1,25 $\pm$ 0,01

Ақуыздың ең жоғары концентрациясы сояда (36,5%), одан кейін бұршақта (25,5%) байқалды; бидай (10,8%) мен жүгеріде (7,4%) бұл көрсеткіш едәуір төмен. Бұл деректер соя мен бұршақты ет алмастырғыштардың негізгі ақуыздық компоненттері ретінде қарастырудың өзектілігін растайды. Әдебиетке сәйкес, бұршақ және соя ақуыз мөлшері бойынша басқа бұршақ тұқымдастарынан, соның ішінде ноқаттан, жоғары бола алады [24].

Барлық үлгілерде көмірсулар үлесі жоғары, бұл олардың энергия сыйымдылығын айқындайды: ең жоғары көрсеткіштер бидай (70,6%) мен жүгеріде (66,34%) тіркелді; бұршақ (51,4%) пен сояда (34,8%) көмірсулар төмендеу, бұл макронутриенттік теңгерімді оңтайландыруға мүмкіндік береді. Минералды заттар 1,14-2,14% аралығында өзгерді: бұршақта салыстырмалы жоғары деңгей (2,14%) байқалып, шикізаттың минералдану дәрежесін көрсетеді; бидай мен жүгерідегі төмен мәндер бейорганикалық компоненттердің аздығын меңзейді [25].

Қорытындылай келе, соя жоғары ақуыз әрі май құрамы арқылы, бұршақ – ақуыз деңгейі мен қолжетімді агротехникалық әлеуеті арқылы (Қазақстанның солтүстігінде кең өсірілуі, ГМО-сыз, төмен аллергиялық тартымды. Жүгері мен бидай негізгі ақуыз көзі ретінде шектеулі болғанымен, олардың серпімділік, талшықтылық, тұтқырлық, ерігіштік сияқты техно-функционалдық қасиеттері рецептурада құрылым қалыптастырушы және энергия жеткізуші компоненттер ретінде құнды.

Ақуыз изоляттарын алу және экстракция тиімділігі. Майсыздандырылған бұршақ, соя, жүгері және бидай шикізаттарынан сілтілік экстракция (0,1 M NaOH, pH 9,0, 30 °C, 60 мин, үздіксіз араластыру) арқылы ақуыз изоляттары алынды. Экстракциядан кейін үлгілер центрифугаланып, супернатанттағы ақуыз концентрациясы анықталды. Жиынтық көрсеткіштер 2 -ші кестеде берілген.

Кесте 2 – Ақуызды экстракциялау көрсеткіштері

Үлгі	Алынған ақуыз, %	Ақуыз шығымы, %	Экстракция тиімділігі, %
Бұршақ	25,5 $\pm$ 0,24	21,23 $\pm$ 0,35	83,25 $\pm$ 0,15
Соя	36,5 $\pm$ 0,49	31,1 $\pm$ 0,20	85,21 $\pm$ 0,09
Жүгері	7,4 $\pm$ 0,08	6,2 $\pm$ 0,45	83,70 $\pm$ 0,35
Бидай	10,8 $\pm$ 0,07	9,1 $\pm$ 0,35	84,20 $\pm$ 0,25

Ең жоғары шығым сояда (31,1%) және бұршақта (21,23%) тіркелді; жүгері (6,2%) мен бидайда (9,1%) төмен болды. Тиімділік барлық үлгілерде тар диапазонда (83,25-85,21%) сақталып, қолданылған әдістің қайталанымдылығы мен тұрақтылығын дәлелдейді. Технологиялық тұрғыдан бұршақ изоляты (жергілікті өндірістік база, ГМО-сыз, төмен аллергиялық) айрықша қызығушылық туғызады, бірақ оның гель түзу қабілеті сояға қарағанда шектеулі; бұл ет-тәрізді текстура қалыптастыруда шектеу болуы мүмкін. Осыны ескере

отырып, бұршақ изолятын бидайдың глютені (желімтігі) және/немесе жүгерінің зеинімен композициялық рецептурада біріктіру ұсынылады: глютен талшықты-тығыз құрылымды күшейтеді [10], ал зеиннің гидрофобтылығы құрылым мен тығыздықты жақсартады, бірақ аминқышқылдық толыққандылығы төмен болғандықтан (лизин, триптофан тапшылығы) дербес қолдану шектеулі [11].

Ақуыз изоляттарының химиялық құрамы. Бұршақ, соя, бидай және жүгері изоляттарының химиялық құрамы Кесте 3-те келтірілген. Ылғалдылық 3,43-7,80% аралығында болып, концентрленген ақуыз өнімдеріне қойылатын талаптарға сай және микробиологиялық тұрақтылыққа қолайлы.

Кесте 3 – Ақуыз изоляттарының химиялық құрамы

Үлгі	Ылғалдылық, %	Ақуыз, %	Май, %	Көмірсулар, %	Минералдар, %
Бұршақ изоляты	3,43±0,47	79,36±0,24	2,45±0,10	0	2,42±0,05
Соя изоляты	7,80±0,16	78,36±0,24	0,12±0,01	9,93±0,12	3,81±0,02
Бидай изоляты	3,60±0,08	69,37±0,60	3,33±0,23	19,20±0,17	3,65±0,11
Жүгері изоляты	4,10±0,12	73,50±0,24	1,51±0,02	0	1,66±0,03

Барлық үлгілерде ақуыз үлесі жоғары; ең жоғары мәндер бұршақ (79,36%) және соя (78,36%) изоляттарына тиесілі. Соя изолятында майлылық ең төмен (0,12%), бұл оны төмен майлылықты өнімдерге қолайлы етеді. Көмірсулар бұршақ және жүгері изоляттарында елеусіз, бидайда (19,2%) айқын (глютен қалдықтарымен байланысты). Минералдар сояда жоғары (3,81%) болып, Са, Mg және микроэлементтермен байланысты биологиялық құндылықты арттыруы мүмкін; жүгері мен бидайда төменірек мәндер тиімді тазартылуды меңзейді. Жалпы, бұршақ пен соя – ылғал/майы төмен жоғары шоғырланған ақуыз көздері; жүгері мен бидай – ақуыз деңгейі төмендеу болғанымен, технологиялық артықшылықтары бар функционалды ингредиенттер.

Тығыздық және колориметриялық сипаттамалар № Изоляттардың сусымалы (bulk) және нығыздалған (tapped) тығыздықтары, сондай-ақ CIE Lab* жүйесі бойынша түс параметрлері Кесте 4-те берілген (қосымша визуалдар – Сурет 1).

Кесте 4 – Ақуыз изоляттарының физикалық көрсеткіштері

Үлгі	Сусымалы тығыздық, г/мл	Нығыздалған тығыздық, г/мл	L*	a*	b*	ΔE
Бұршақ изоляты	0,32±0,015	0,23±0,015	80,15±0,10	2,78±0,02	20,31±0,09	21,32±0,10
Соя изоляты	0,35±0,015	0,40±0,015	84,74±0,01	-0,02±0,02	14,92±0,10	14,01±0,10
Бидай изоляты	0,52±0,06	0,73±0,04	85,47±0,39	4,12±0,06	16,28±0,62	15,58±0,08
Жүгері изоляты	0,33±0,019	0,47±0,64	81,97±0,03	3,03±0,07	19,63±0,02	20,93±0,01

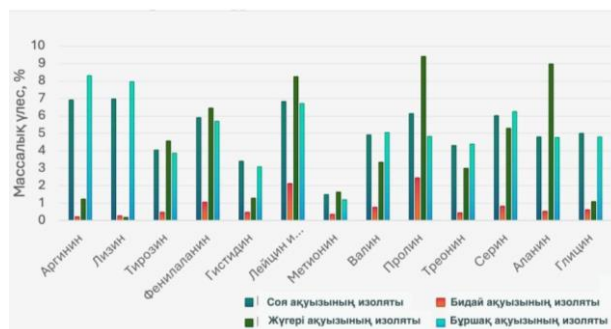


Сурет 1 – Өсімдік шикізатынан алынған ақуыздардың изоляттары

Бидай изолятының сусымалы тығыздығы ең жоғары (0,52 г/мл), бұл құрғақ материалдың тығыз, тұтқыр құрылымын сипаттайды; бұршақ изолятында нығыздалған тығыздық ең төмен (0,23 г/мл), кеуектілік пен борпылдақтықты көрсетеді. Жүгері изоляты қысымнан кейін тығыз орналасуға бейім (нығыздалған 0,73 г/мл), бұл ет-тәрізді тығыз текстура қалыптастыруға қолайлы. Соя және жүгері изоляттарының тығыздықтары орташа диапозонда, оларды құрылымдық теңгерім үшін композицияларда тиімді біріктіруге мүмкіндік береді. Тығыздық ақуыздардың гидратациясы мен қаптау қасиеттеріне тікелей әсер етеді [26].

Түстік параметрлер бойынша барлық изоляттар жоғары жарықтыққа ие ($L^* 80,15-85,47$). a^* мәні сояда $-0,02$ (әлсіз жасыл реңк)-тен бидайда $4,12$ -ге (қызғылт реңк) дейін, b^* барлық үлгілерде оң, сары реңктің басымдығын көрсетеді; ең қанық сары – бұршақ ($b^* 20,31$) және жүгері ($19,63$). Жалпы түстік айырмашылық (ΔE) бұршақ ($21,32$) және жүгеріде ($20,93$) айқынырақ, ал соя ($14,01$) мен бидай ($15,58$) бір-біріне жақынырақ. Қорытындылай келе, бидай изолятының жоғары тығыздығы ет тәрізді талшықты құрылымға, ал бұршақ изолятының айқын түстік профилі дайын өнімнің визуал сапасын арттыруға қолайлы.

Аминқышқылдық профиль. Осы зерттеу аясында бұршақ, соя, бидай және жүгеріден алынған ақуыз изоляттарының аминқышқылдық құрамы 2-ші суретте көрсетілген.



Сурет 2 – Өсімдік шикізатынан алынған ақуыз изоляттарының аминқышқылдарының құрамы

Бұршақ изоляты теңгерімді профильмен ерекшеленді: лизин (7,97%), аргинин (8,31%) және серин (6,25%) жоғары деңгейде. Соя изолятында да лизин (6,98%), аргинин (6,91%), фенилаланин (5,91%) мәндері жоғары болып, толыққандылықты қамтамасыз етеді. Жүгері изолятында пролин (9,42%) мен тирозин (4,57%) жоғары болғанымен, лизин (0,17%) және аргинин (1,23%) өте төмен, бұл зеин ақуызының биологиялық құндылығы шектеулі екенін көрсетеді. Бидай изолятында лизин (0,27%), аргинин (0,22%), серин (0,81%) төмен, сондықтан дербес ақуыз көзі ретінде қолдану шектеулі.

Әдебиет деректерімен үйлесімді түрде, бұршақ тұқымдастар лизинге бай, ал дәнді дақылдарда лизин шектеуші аминқышқыл болып табылады; бұршақ тұқымдастарда күкіртті аминқышқылдар (цистеин, метионин) төмендеу. Демек, бұршақ/соя мен бидай/жүгері ақуыздарын үйлестіріп қолдану аминқышқылдық кемшіліктерді өзара толықтыру арқылы протеиннің биологиялық құндылығын арттырады [27].

Қорытынды

Бұл зерттеу өсімдік тектес шикізаттан алынған ақуыз изоляттарының шығымы, химиялық құрамы, тығыздық және түстік параметрлері, сондай-ақ аминқышқылдық профилін кешенді бағалады. Соя мен бұршақ – жоғары ақуыз деңгейі және теңгерімді аминқышқылдық құрамы арқылы өсімдік негізді ет алмастырғыштардың базалық ақуыз компоненттері ретінде оңтайлы. Жүгері мен бидай – негізгі ақуыз көзі ретінде шектеулі болғанымен, зеиннің гидрофобтылығы мен глютеннің талшықты құрылым түзу қабілеті рецептурада құрылым қалыптастырушы/текстура түзуші қосалқы компоненттер ретінде құндылық береді. Тығыздық пен түс көрсеткіштері бидай (құрылымдық тығыздық) және бұршақ (визуал айқындық) изоляттарының үйлесімді қолданылуын қолдайды. Аминқышқылдық толықтыру стратегиясы (бұршақ/соя + бидай/жүгері) өнімнің тағамдық толыққандылығын жақсарттады. Алынған нәтижелер өсімдік негізді ет алмастырғыштарды өндіру технологияларын жетілдіру үшін соя/бұршақты негізгі, ал жүгері/бидайды функционалдық компоненттер ретінде пайдаланудың ғылыми және практикалық негізділігін дәлелдейді.

Әдебиеттер тізімі

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. How to Feed the World in 2050: High Level Expert Forum Report. Rome, 2009. 35 p. — URL: https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf (date of request: 04.09.2025).
2. Meat: The future series-alternative proteins / H.C.J. Godfray et al. – Geneva: World Economic Forum, 2019.

3. Sanchez-Sabate R. Understanding attitudes towards reducing meat consumption for environmental reasons. A qualitative synthesis review / R. Sanchez-Sabate, Y. Badilla-Briones, J. Sabaté // *Sustainability*. – 2019. – Vol.11(22). – P. 6295.
4. Strategies to improve meat-like properties of meat analogs meeting consumers' expectations / Y.P. Chen et al // *Biomaterials*. – 2022. – Vol. 287. – P. 121648
5. Webster J. Animal husbandry regained: The place of farm animals in sustainable agriculture / J. Webster, J. Porritt/ – London: Routledge, 2012.
6. Banik R. Exopolysaccharide of the gellan family: Prospects and potential / R. Banik, B. Kanari, S. Upadhyay // *World Journal of Microbiology*. – 2000. – Vol. 16(5). – P. 407-414.
7. Akharume F.U. Modification of plant proteins for improved functionality: A review / F.U. Akharume, R.E. Aluko, A.A. Adedeji // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2021. – Vol. 20(1). – P. 198-224.
8. Dahl W.J. Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.) / W.J. Dahl, L.M. Foster, R.T. Tyler // *British Journal of Nutrition*. – 2012. – Vol. 108(S1). – P. 3-10.
9. The study on the impact of glycated pea proteins on human intestinal bacteria / Š. Dominika et al // *International Journal of Food Microbiology*. – 2011. – Vol. 145(1). – P. 267-272.
10. Xiong Y.L. Hydrolyzed wheat gluten suppresses transglutaminase-mediated gelation but improves emulsification of pork myofibrillar protein / Y.L. Xiong, K.K. Agyare, K. Addo // *Meat Science*. – 2008. – Vol. 80(2). – P. 535-544.
11. Kasaai M. R. Zein and zein-based nano-materials for food and nutrition applications: A review // *Trends in Food Science & Technology*. – 2018. – Vol.79. – P. 184-197.
12. Narale B.A. Modifications of physicochemical, functional, structural, and nutritional properties of a field bean protein isolate obtained using batch and continuous ultrasound systems / B.A. Narale, A. Mounika, A. Shanmugam // *Sustainable Food Technology*. – 2024. – Vol. 2(2). – P. 470-484.
13. Сорочинский В.Ф. Способ получения пищевого клейковинного продукта / В.Ф. Сорочинский, Е.П. Мелешкина, В.П. Кизим. – 2006.
14. AOAC. Official Methods of Analysis. – Gaithersburg, MD: AOAC International, 2005. – 18th edn, Method 942.
15. AOAC. Official Methods of Analysis. – Gaithersburg, MD: AOAC International, 2005. – 18th edn, Method 942.05.
16. AOAC. Official Method for Fat Extraction. Official Methods of Analysis. – Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists, 2005. – 18th edn, Method № 920.85.
17. McCleary B.V. Measurement of available carbohydrates in cereal and cereal products, dairy products, vegetables, fruit, and related food products and animal feeds: First action 2020.07 / B.V. McCleary, C. McLoughlin // *Journal of AOAC International*. – 2021. – Vol. 104(6). – P. 1465-1478.
18. William W.H. Official methods of analysis of AOAC international. AOAC Official Method. – 2000. – № 985.29.
19. Official Method, A.O.A.C., 2005. Official Method 994.12, Amino Acids in Feed. Official Methods of Analysis of AOAC International (18th Edition). – Arlington, VA: Association of Official Analytical Communities, 2005.
20. Optimization of ultrasound assisted extraction of protein from sunflower meal and its physicochemical and functional properties / M. Dabbour et al // *Journal of Food Process Engineering*. – 2018. – Vol. 41(5). – P. e12799.
21. Pulsed ultrasound assisted extraction of protein from defatted Bitter melon seeds (*Momordica charantia*L.) meal: Kinetics and quality measurements / M. Naik et al // *LWT*. – 2022. – Vol. 155. – P. 112997.
22. Compositional studies and physicochemical characteristics of cashew nut (*Anacardium occidentale*) flour / M.O. Aremu et al // *Pakistan Journal of Nutrition*. – 2006. – Vol. 5(4). – P. 328-333.
23. Proximate composition and fatty acid analysis of Lablab purpureus (L.) legume seed: implicates to both protein and essential fatty acid supplementation / S. Hossain et al // *Springerplus*. – 2016. – Vol.5. – P. 1-10.
24. Khatoon N. Nutrient retention in microwave cooked germinated legumes / N. Khatoon, J. Prakash // *Food Chemistry*. – 2006. – Vol. 97(1). – P. 115-121.
25. D'souza M.R. Effect of traditional processing methods on nutritional quality of field bean / M.R. D'souza // *Advances in Bioresearch*. – 2013. – Vol. 4(3).

26. Kinsella J.E. Milk proteins: physicochemical and functional properties / J.E. Kinsella, C.V. Morr // Critical Reviews in Food Science & Nutrition. – 1984. – Vol. 21(3). – P. 197-262.
27. Methods for processing pulses to optimize nutritional functionality and maximize amino acid availability in foods and feeds / C. Cargo-Froom et al // Cereal Foods World. – 2020. – Vol. 65(6). – P. 10.1094/

Қаржыландыру

Бұл зерттеу ҚР Ауыл шаруашылығы министрлігінің қаржылық қолдауымен, BR22883587 «Қазақстан Республикасының азық-түлік қауіпсіздігін нығайту мақсатында ауыл шаруашылығы шикізатын терең өңдеудің ғылыми сыйымды технологияларын жетілдіру және әзірлеу» бағдарламасы аясында орындалды.

Л.А. Мурат*, Б.С. Шайменов¹, Д.К. Айтмухамбетов, Г.Х. Оспанкулова

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, 010000, Республика Казахстан, г. Астана, проспект Женис, 62

*e-mail: linaraazamatkyzy@mail.ru

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЛКОВЫХ ИЗОЛЯТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ БОБОВЫХ И ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР, И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСНЫХ АНАЛОГОВ

В данной статье проведено комплексное исследование белковых изолятов, полученных из гороха, сои, пшеницы и кукурузы: определены их выход, химический состав, физико-химические и колориметрические характеристики (CIE Lab*), а также аминокислотный профиль. Выделение белков осуществляли методом щелочной экстракции (0,1 М NaOH, pH 9, 30 °C, 60 мин). Эффективность экстракции во всех образцах была высокой и варьировала в пределах 83,25-85,21%; наибольший выход зафиксирован у сои (31,1%) и гороха (21,23%). Массовая доля белка в изолятах составляла 69,37–79,36%; содержание жира было минимальным у сои (0,12%), тогда как доля углеводов была повышенной в пшеничном изоляте (19,2%). Показатели плотности продемонстрировали для пшеничного изолята более высокие значения насыпной (0,52 г/мл) и уплотнённой (0,73 г/мл) плотности, что благоприятствует формированию волокнистой, «мясоподобной» текстуры. Цветовой анализ подтвердил высокую светлоту всех изолятов ($L^* = 80,15-85,47$). По аминокислотному профилю изоляты гороха и сои отличались более сбалансированным составом (повышенное содержание лизина и аргинина), тогда как для кукурузы (зеин) и пшеницы лимитирующим фактором выступал лизин. Полученные результаты обосновывают использование белков сои и гороха в качестве базовых компонентов при производстве растительных мясозаменителей, а пшеницы (глютен/клейковина) и кукурузы – как функциональных структурообразующих добавок.

Ключевые слова: растительный белок; белковый изолят; физико-химические свойства; аминокислотный профиль; мясозаменитель.

L. Murat*, B. Shaimenova, D. Aitmuhambetov, G. Ospankulova

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, 010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis Avenue, 62

*e-mail: linaraazamatkyzy@mail.ru

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF PROTEIN ISOLATES FROM LEGUME AND CEREAL CROPS AND THEIR APPLICATION IN MEAT ANALOGUE PRODUCTION

This article presents a comprehensive evaluation of protein isolates derived from pea, soy, wheat, and corn, including their yield, chemical composition, physicochemical and colorimetric characteristics (CIE Lab*), and amino acid profiles. Proteins were obtained via alkaline extraction (0.1 M NaOH, pH 9, 30°C, 60 min). Extraction efficiency was high across all samples (83.25-85.21%); the highest yields were recorded for soy (31.1%) and pea (21.23%). The protein mass fraction in the isolates ranged from 69.37% to 79.36%; fat content was lowest in soy (0.12%), whereas the carbohydrate fraction was elevated in the wheat isolate (19.2%). Bulk and tapped densities for the wheat isolate (0.52 g/mL and 0.73 g/mL, respectively) indicate a favorable potential for forming a fibrous, meat-like texture. Color analysis confirmed high lightness across all isolates ($L^* = 80.15-85.47$). Based on amino acid profiles, pea and soy isolates exhibited more balanced compositions (higher lysine and arginine), whereas lysine was limiting in corn (zein) and wheat. These findings substantiate the use of soy and pea proteins as base components for plant-based meat analogues, with wheat (gluten) and corn serving as functional structure-forming additives.

Key words: *plant protein; protein isolate; physicochemical properties; amino acid profile; CIE Lab*; meat analogue.*

Авторлар туралы мәліметтер

Линара Азаматқызы Мурат* – «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: linaraazamatkyzy@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5684-0621>.

Бахыт Сайлауовна Шайменова – «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: bshaymenova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5472-036X>.

Даулет Какижанович Айтмухамбетов – ауыл шаруашылық ғылымдарының кандидаты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: daulet-kerei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8178-3080>.

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – биология ғылымдарының кандидаты, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Сведения об авторах

Линара Азаматқызы Мурат* – докторант кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств»; Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан; e-mail: linaraazamatkyzy@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5684-0621>.

Бахыт Сайлауовна Шайменова – докторант кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина; г. Астана, Республика Казахстан; e-mail: bshaymenova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5472-036X>.

Даулет Какижанович Айтмухамбетов – кандидат сельскохозяйственных наук, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан; e-mail: daulet-kerei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8178-3080>.

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – кандидат биологических наук, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Технологии пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Information about the authors

Linar Murat* – Doctoral student at the Department of «Food and Processing Production Technologies», S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: linaraazamatkyzy@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5684-0621>.

Bakhyt Shaimenova – Doctoral student at the Department of «Food and Processing Production Technologies», S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: bshaymenova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5472-036X>.

Daulet Aitmuhambetov – Candidate of Agricultural Sciences, S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: daulet-kerei@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8178-3080>.

Gulnazym Ospankulova – Candidate of Biological Sciences, Acting Associate Professor at the Department of «Food and Processing Production Technologies», S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Редакцияға енуі 22.09.2025

Өңдеуден кейін түсуі 01.10.2025

Жариялауға қабылданды 03.10.2025