

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – кандидат биологических наук; Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Авторлар туралы мәліметтер

Дана Болатовна Тоймбаева* – техника және технология магистрі; А.И. Бараева атындағы ғылыми-зерттеу астық шаруашылығының ғылыми-өндірістік орталығы, Қазақстан Республика; e-mail: bio.dana@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-c9595-0559>.

Индира Жанатовна Темирова – техника ғылымдарының магистрі; А.И. Бараева атындағы ғылыми-зерттеу астық шаруашылығының ғылыми-өндірістік орталығы, Қазақстан Республика; e-mail: indira_t85@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9717-3236>.

Акмарал Беимбетовна Альдиева – химия бакалавры; А.И. Бараева атындағы ғылыми-зерттеу астық шаруашылығының ғылыми-өндірістік орталығы, Қазақстан Республика; e-mail: Akylinaakmaral@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1078-928X>.

Дина Дауреновна Хамитова – А.И. Бараева атындағы ғылыми-зерттеу астық шаруашылығының ғылыми-өндірістік орталығы, Қазақстан Республика; e-mail: dina.khamitova@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9265-8496>.

Гульназым Хамитовна Оспанкулова – биология ғылымдарының кандидаты; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Information about the authors

Dana Bolatovna Toimbayeva* – Master of Engineering and Technology; Scientific and Production Center for Grain Farming named after A.I. Barayev, Republic of Kazakhstan; e-mail: bio.dana@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9595-0559>.

Indira Zhanatovna Temirova – Master of Technical Sciences; Scientific and Production Center for Grain Farming named after A.I. Barayev, Republic of Kazakhstan; e-mail: indira_t85@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9717-3236>.

Akmaral Beimbetovna Aldiyeva – Bachelor of Chemistry; Scientific and Production Center for Grain Farming named after A.I. Barayev, Republic of Kazakhstan; e-mail: Akylinaakmaral@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1078-928X>.

Dina Daurenovna Khamitova – Scientific and Production Center for Grain Farming named after A.I. Barayev, Republic of Kazakhstan; e-mail: dina.khamitova@nu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9265-8496>.

Gulnazym Khamitovna Ospankulova – Candidate of Biological Sciences; Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Republic of Kazakhstan; e-mail: bulashevag@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6043-4658>.

Поступила в редакцию 24.06.2024

Поступила после доработки 19.08.2024

Принята к публикации 20.08.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3\(15\)-19](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-3(15)-19)

FTAXP: 65.33.03



Т.Б. Ахлан*, А.К. Изембаева¹, Н. Гул²

¹Алматы технологиялық университеті,
050012, Алматы қ., Төле би к-сі, 100

²Сулейман Демирель университеті
32260, Туркия, Испарта қ., Чюнур

*e-mail: togzhan.akhlan@yandex.kz

ЭКСТРУЗИЯ ҮДЕРІСІНДЕ ӨСІМДІК ШИКІЗАТЫН ПАЙДАЛАНУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

Аңдатпа: Экструзия – әмбебаптығы, икемділігі, жоғары өнімділігі, төмен құны және энергия тиімділігі арқасында кеңінен қолданылатын термомеханикалық маңызды процестердің бірі болып саналады. Ғалымдар дәстүрлі емес өсімдік шикізаттарын пайдалана отырып, тікелей көбіктенетін тағамдар, таңғы ас және макарон өнімдері сияқты экструдталған өнімдердің тағамдық құндылығын зерттеу отырып, рецептурасын әзірледі. Әр түрлі өсімдік шикізаттарын экструзиялық өңдеу кезінде соңғы өнімдерге әсер ететін химиялық құрамы мен функционалдық қасиеттері бойынша

көптеген сипаттамаларға ие. Бұл дәстүрлі емес өсімдік шикізаттарын экструзияда практикалық қолдану үшін олардың шикізат қоспалары мен экструдталған өнімдердің сапасына әсерін түсіну өте маңызды.

Мақалада экструдерленген тағам өнімдерінің құрамына дәстүрлі емес өсімдік шикізатын қосудың теориялық негіздері көрсетілген. Экструзиялық өңдеу арқылы өсімдік шикізатынан өнімдер жасау әртүрлі тағамдық қасиеттері мен функционалдық сипаттамалары бар өнімдерді алудың экологиялық қауіпсіз әдісі болып табылады. Осы тақырыпқа арналған ғылыми мақалаларды талдау кезінде экструзия дәстүрлі емес өсімдік шикізатын тағамға өңдеудің ең тиімді әдістерінің бірі екендігі анықталды. Зерттеу барысында экструдтау өсімдік шикізаты ингредиенттерінің сіңімділігін арттыра алатыны, сондай-ақ қоректік заттарға қарсы факторлардың санын азайтатыны анықталды.

Түйін сөздер: экструзия, экструдат, өсімдік шикізаты, снэк өнімдері, экструдат қасиеттері, тағамдық құндылық.

Кіріспе

XXI ғасырдағы өмір салтының қарқынына және аурулар санының күрт артуына байланысты, азық-түлік өндірісінде жаңа рецептуралар мен технологияларды дамыту қолға алынуда. Азық-түлік сапасы мен қауіпсіздігіне қатысты мәселелерді шешудің бірден-бір жолы ретінде азық-түлік нарығын инновациялық дамуытуды айтуға болады. Бұл салада жұмыс жасайтын ғалымдар мен өнеркәсіптік кәсіпорындар тағамдық құндылығы жоғары және экономикалық тұрғыдан тұтынушыларға тиімді өнімдерді өндіру барысында өсімдік тектес жаңа шикізат түрлерін қолдануда, сондай-ақ шикізатты өңдеуде жаңа технологияларды дамыту үшін үнемі ғылыми зерттеу жұмыстарымен айналысуда.

Тамақ өнеркәсібінде, әсіресе соңғы үш онжылдықта, экструдерлерді қолдануда айтарлықтай алдыға жылжулар байқалуда. Экструзия – азық-түлік өнеркәсібінің әр түрлі саласында (қайта өңдеу өнеркәсібі, азық-түлік өнімдерінің қаптамасы өндірісінде және т.б.) сұранысы артып келе жатқан ең танымал технологиялардың бірі болып саналады. «Экструзия» сөзі латын тілінен аударғанда итеру немесе күшпен ығыстыру дегенді білдіреді. Экструдерлерді әр түрлі шикізат құрамдарын аралық және дайын өнімге айналдыра алатын жоғары температуралы қысқа мерзімді құрылғылар ретінде сипаттауға болады. Бұл әдісті тамақ өнеркәсібі салаларында тамақ экструзиясы деп атайды [1-4]. Экструзиялық өңдеу әмбебап әдіс болып табылады, себебі жабдықтың жұмысын әр түрлі кең ауқымда реттей отырып, керекті параметрлерге өзгерту, соңғы өнімнің сапасын әр түрлі болуына әсерін тигізеді.

Тамақ өнімдерін экструзиялық жолмен өңдеу нәтижесінде химиялық құрамы, физикалық қасиеттері және де органолептикалық сипаттамалары өзгеріске ұшырайды. Экструзия жолымен снэк өнімдерін алуда өңдеуге көптеп ұшырайтын дақылдар мен дәндер – жүгері, бидай, күріш, арпа, қара бидай, тритикале; жармалар - қарақұмық, амарант, киноа және чиа; сонымен қатар бұршақ дақылдары – бұршақ, ноқат, үрмебұршақ пен жасымық; майлы дақылдар – зығыр, жаңғақ, асқабақ дәнегі, күнжіт және зығыр тұқымдары жатады. Дәнді дақылдар мен бұршақтар, жеміс-жидектер мен көкөністер секілді өсімдік шикізаттарының қоспасы экструзиялық өңдеуде дайын өнімді ақуызбен, тағамдық талшықтар және микроэлементтермен байыту үшін қолданылады [5-8]. Жемістердің шырыны, жұмсағы мен ұнтағы, көкөніс ұнтағы, кептірілген жеміс, көкөніс бөліктері секілді өндірістік қоспаларды пайдалану жаңа функционалды өнімдерді алуда болашағы зор болып табылады.

Жемістер көп мөлшерде С дәрумені мен А провитаминыне, ал көкөністер фосфор, күкірт, темір және кальций секілді минералдарға бай. Дәрумендер мен минералдардан басқа жемістер мен көкөністер денсаулықты нығайтуға және канцерогенге қарсы әсері бар маңызды фитохимиялық заттарды қамтиды. Бұршақ тұқымдарын тұтыну тек тағамдық құндылығы жағынан ғана маңызды емес, сонымен қатар флавоноид, токоферол, каротиноид, май қышқылдары секілді биологиялық активті заттардың көзі болып табылады. Дәнді-бұршақ дақылдары ақуыздың, қанттың, тағамдық талшықтардың, дәрумендердің, минералдардың, фосфотидтердің, каротиноидтің және антиоксидантты белсенділігі бар қосындылардың көзі ретінде сусамыр, семіздік, ісік ауруы және жүрек-қан тамыры ауруларының алдын алуда және емдеуде маңызы зор болып табылады. Дәстүрлі емес өсімдік шикізаттарын, антиоксиданттық белсенділікке, қабынуға қарсы және канцерогенге қарсы әсерге ықпал ететін күкірт молекулалары, таниндер, алкалоидтар, дәрумендер, флавоноидтар және полифенолдар

секілді биологиялық белсенді қосылыстарының арқасында, тағамдардың функционалдық құндылығын арттыру үшін пайдалануға болады [9-12].

Зерттеу әдістері

Зерттеу нысаны ретінде отандық және шетелдік ақпарат көздерінің ғылыми деректері және тағам өнімдерін өндіру барысындағы өсімдік шикізатын экструдаттау процессі қабылданды.

Шетел және отандық зерттеушілердің ғылыми мақалалары, кілтті сөздер арқылы, «Google Scholar» және «Scopus» библиографиялық базаларында іздестірілді. Басылымдар ағылшын және орыс тілдеріндегі келесі кілт сөздер және олардан құралған сөз тіркестері арқылы іздестірілді: extrusion (экструзия), extrudate (экструдат), vegetable raw materials (өсімдік шикізаты), snacks (снектер), breakfast cereals (құрғақ таңғы ас). Зерттеу үшін уақыт шектеуі ретінде 2015-2024 жылдар аралығы алынды.

Нәтижелер

Қазіргі уақытта экструзиялау әдісімен ісінген тіскебасарлардан бастап, жоғары дәрежеде өңделген ет аналогтарына дейін өндірілуде. Экструзия әдісімен өндірілетін ең танымал өнімдерге: тікелей экструдаттау өнімдері, тұтынуға дайын астық үлпектері, тіскебасар түйіршіктер, балалар тағамдары, үй жануарларына арналған қоректер, текстуралы өсімдік ақуыздары, хлебцы, кондитер өнімдері және т.б. жатқызуға болады.

Дүние-жүзілік азық-түлік өнеркәсібінде экструзиялық өңдеу әдісінің артуы көптеген отандық өндірушілерге жергілікті өсімдік шикізатын, соның ішінде жабайы өсімдік шикізатын өндірісте қолдануға итермелеуде [13-15]. Шикізатты экструзиялық өңдеу бұрын соңды экономикалық маңызға ие болмаған немесе қалдық деп танылған шикізатты да қолдануға мүмкіндік тудырады [16, 17].

Соңғы жылдары салауатты өмір салтына өтіп жатқан адамдардың саны артуда, ал оның негізгі көрсеткіші – теңдестірілген тамақтану. Өндірісте қолданылатын шикізаттардың химиялық құрамы, биохимиялық және функционалды-технологиялық қасиеттері дайын өнімнің тағамдық және энергетикалық құндылығына әсерін тигізетіндігі анық. Дайын өнімнің энергия сыйымдылығын төмендету үшін энергетикалық құндылығы төмен және функционалды тағамдық құрамдардың (тағамдық талшықтар, дәрумендер, минералды заттар, полиқанықпаған май қышқылдары және бос органикалық қышқылдар) көзі болатын жеміс-көкөніс шикізаттары көптеп қолданылуда. Бұл ретте жергілікті жабайы шикізат ресурстарын пайдалану маңызды болып табылады [18-23]. Осы сұрақтар бойынша отандық және шетелдік көптеген ғалымдар зерттеу жұмыстарын жүргізуде.

Жеміс-жидекпен байытылған экструдерленген тамақ өнімдері.

Отандық ғалымдар Оспанов А.А., Тимурбекова А.К. және Алмаганбетова А.Т. [24] өсімдік және жануар текті шикізат негізінде функционалды салмалары бар көп дәнді коэкструдирленген тағам өнімдерінің асортиментін арттыруда жұмыстар жүргізген. Алынған нәтижелер бойынша «Фитнес» және «Здоровье» өнімдерінің энергетикалық құндылығының экструдер шнегінің айналу жиелігінің айнымалы шамасы мен экструдерленетін көп дәнді қоспасының ылғалдылығына тәуелділік графиктерін құрастырған. Зерттеу нәтижелері жеміс-жидекті және ет-сүтті салма қосылған дайын құрғақ ас өндірудегі тағамдық концентраттар саласында келешегі мол деп қорытындылады.

Kita A., Nowak J., Michalska-Ciechanowska A. топинамбурдан жасалған снектерге жеміс ұнтақтарын қосудың дайын өнімнің сапасына әсерін зерттеді [25, 26]. Зерттеудің мақсаты топинамбур ұнына мүкжидек, қара жемісті шетен немесе қарақаттан алынған ұнтақ қосылған жаңа снек түйіршіктерінің физикалық, химиялық және органолептикалық қасиеттерін зерттеу. Снек өнімдеріне жеміс ұнтақтарын қосу полифенол қосылыстарының артуына және алынған өнімдердің антиоксиданттық қабілетінің жақсаруына алып келді. Сонымен қатар, жеміс ұнтақтарын қосу дайын өнімнің түсін бақылаумен салыстырғанда тартымды, ал құрылымын қаттырақ етті. Авторлар снек өнімдерінің рецептурасына жеміс ұнтақтарын қосу функционалды өнімдердің асортиментін кеңейтудің перспективті тәсілі болып табылатынын қорытындылады. Ал, Сербия және Ұлыбритания ғалымдары Radovanovic A., Stojceska V. [27]. және т.б. гликемиялық индексі төмен экструдталған тағамдарды әзірлеу кезінде функционалдық қоректік зат ретінде құрғақ топинамбур ұнтағын пайдалану бойынша зерттеу жұмыстарын жүргізген. Клиникалық зерттеулер 21-56 жас арасындағы денсаулығы жақсы он ерікті адамдарға жүргізілді. Зерттеу нәтижесі топинамбур ұнтағы инулиннің деңгейін көтеріп,

ақуыздың, майдың және көмірсудың деңгейін бір мезгілде төмендеткенін көрсетті. 80% топинамбур ұнтағы бар үлгі төмен гликемиялық индексті деп есептелсе, 30% және 60% ұнтақ қосылған үлгілер орташа гликемиялық тағам ретінде сипатталды. Шолу жасалған зерттеулердің нәтижесі бойынша, топинамбур және жидектер ұнтақтарын экструзиялық өнімдер рецептурасына қосу, функционалды өнімдер өндірудегі перспективалық бағыт деп айтуға болатыны дәлелденді.

Поляк ғалымдары Kręcis M., Wojtowicz A. және Oniszczyk A. қосымша жемістермен байытылған экструзияланған тез дайындалатын жүгері ботқасының жеке көрсеткіштеріне рецептура құрамы мен өңдеу жағдайларының әсерін зерттеу нәтижелері аталған салының басты ғылыми нәтижелері ретінде қарастырды. Басты шикізат ретінде жүгері жармасы және қосымша табиғи қоспа ретінде 1, 2, 3, 4 және 5% мөлшерінде кептіріліп ұнтақталған мүкжидек пен годжи жидектері алынды. Өңдеу кезінде шнектің айналу жылдамдығын әр түрлі ала отырып, экструзиялық қайнату 125-135°C жүргізілді. Зерттеу нәтижесі тез дайындалатын жүгері ботқасының көптеген сипаттамаларына құрғақ жемістер мен шнектің айналу жылдамдығының әсер еткендігін көрсетті. Дайын өнімнің су сіңіру қабілетінің ең жоғарғы көрсеткіші жоғары жылдамдықтағы шнектің айналуы мен годжи жидектерінің ең көп мөлшері қосылған үлгі деп танылса, мүкжидек қосылған үлгілерде су сіңіру қабілеті айтарлықтай өзгермегендігі анықталды [28]. Қазіргі уақытта тағамдық өнімдердің функционалдық қасиеттерін арттыру мақсатында годжи жидектерін көптеп қолданылып жүргені белгілі. Экструдерленген өнімдердің тағамдық құндылығына және физикалық қасиеттеріне годжи жидектерінің оң әсері бірнеше ғылыми жұмыстарда дәлелденді [29, 30, 31].

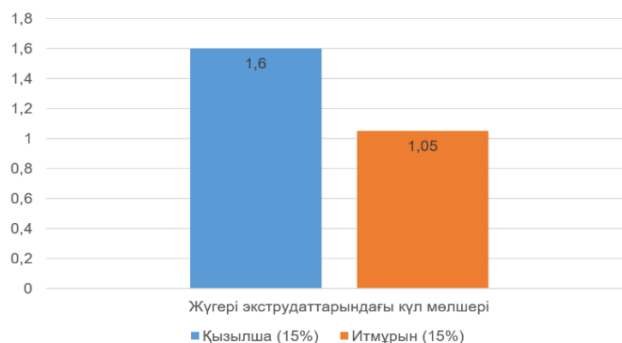
Әр түрлі кептірілген жемістер қосылған глютенсіз жүгері снектерінің сипаттамаларын Różańska-Boczula M., Wójtowicz A., Piszcz M. және т.б. ғалымдар зерттеген. Кептірілген жемістер ретінде алма, ақ тұт жемісі, годжи жидектері, ал зерттеу объектісі ретінде жүгері негізіндегі глютенсіз чипстердің әр түрлі физикалық қасиеттеріне (кеңею индексі, көлемдік тығыздық, су сіңіру және ерігіштік, текстуралық профиль және түс балансы) өндірістік шнектің түрі мен айналу жылдамдығы (80, 100 және 120 айн/мин) және құрғақ жемістердің мөлшерінің (0-20%) әсерін бағалау алынды [32]. Авторлар зерттеу қорытындысы бойынша рецептураға сыналған жемістер 10%-ға дейін қосылса, онда табиғи түске ие, кеңеюі мен құрылымы барынша жақсы сапалы экструдерленген снек өнімдерін алуға болатындығын дәлелдеген.

Шариков А.Ю., Соколова Е.Н. сынды Ресей ғалымдары [33] рецептурада итбүлдіргенді қолдану, жидектердің құрамындағы тағамдық талшықтардың, фенолдық қосылыстардың және тағы да басқа биологиялық активті заттардың жоғарғы көрсеткіші негізінен, тұтынуға дайын эктрудатталған өнімдердің тағамдық құндылығын арттыру негізінде зерттеу жұмыстарын жүргізді. Итбүлдірген күріш жармасы негізіндегі эктрудатталған қоспаға 15% дейін енгізілді және қоспалар 150-165°C температура диапазонында екі бұрандалы эктрудерде өңделді. Қайта өңделетін қоспаның құрамындағы жидектер үлесінің өсуімен процесстің негізгі технологиялық көрсеткіштері төмендейтіні анықталды: температура, ығысу деформациясының моменті және орнату камерасындағы қысым, бұл эктрудер камерасындағы жалпы ылғалдың жоғарылауымен байланысты. Ғалымдар фенолдық қосылыстардың жоғалуын және алынған эктрудаттардың құрылымдық-механикалық қасиеттерінің өзгеруін ескере отырып, эктрудатталған қоспаларға итбүлдірген жидектерінің 5%-дан астамын енгізу мүмкін емес деген қорытындыға келді. Эктрудатталған өнімдер өндірісі саласында жеміс-жидек сығындыларының, ұнтақтарының және қалдықтарының снектердің тағамдық құндылығына оң әсерін әлемдік көптеген ғалымдар дәлеледегендігі осы сала бойынша басты жетістіктер деп келтіруге болады [34-38]. Бұл шикізаттар функционалдылығымен және бай химиялық қосылыстар құрамымен ерекшеленетіні белгілі. Барлық зерттеу нәтижелері бойынша ғалымдар, қара жемісті шетенді, мүкжидекті снек өнімдерінің құрамына қосу, дайын өнімді фенолды қосылыстармен, тағамдық талшықтармен, антиоксидантты қосылыстармен байытылғанын дәлелдеді.

Дәстүрлі емес өсімдік шикізаттарымен байытылған эктрудерленген тамақ өнімдері.

Адам денсаулығына пайдалы ингредиенттермен байытылған жүгері эктрудаттарын зерттеу бойынша Culetu A., Susman I.E. және бірлескен авторлар айналысқан. Зерттеу барысында жүгері ұнын алмастыру үшін биологиялық белсенді қосылыстарға бай бұршақ дақылдары (бұршақ 2%, брокколи 5%, және 5% жоңышқа (люцерна), өсімдіктер (15% қызылша, 15% итмұрын) және дәмдуіштер (2% чили, 2% куркума, 2% паприка және 2% райхан)

қосылған 9 үлгі дайындалып, бақылау үлгісімен салыстырылды [39]. Зерттеу нәтижесі бойынша авторлар дәмдеуіштер қосылған үлгілерде ақуыздың мөлшері айтарлықтай өзгермегендігін, ал майдың концентрациясы бойынша айтарлықтай ерекшелік бұршақ, брокколи және итмұрын қосылған үлгілерде байқалғаны анықталды. Дайын өнімдердегі күлдің мөлшері жүгері ұны ауыстырылған көлемге байланысты өзгергендігі байқалды. Сәйкесінше 15% қызылша мен итмұрын қосылған үлгілерде күлдің жоғарғы мөлшері ($1,60 \pm 0,02\%$ және $1,05 \pm 0,01\%$) байқалды. 1-суретте әртүрлі ингредиенттері бар жүгері экструдаттарындағы күлдің мөлшерін көрсетеді.



Сурет 1 – Қызылша және итмұрын қосылған жүгері экструдаттарындағы күлдің мөлшері

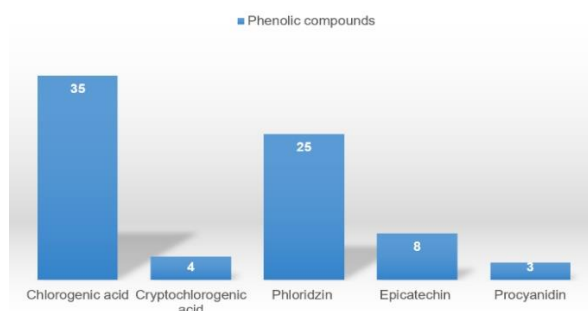
Қорытындылай келе осы және басқа да әлемдік ғалымдар авторлар [40-43], экструдатталған өнімдердің тұтынушылық және тағамдық құндылығын жақсарту мақсатында табиғи әр түрлі ингредиенттерді қосуға болады деген тұжырымдама келді.

Испандық ғалымдар Igual M., Lopez Baldo J.V., García-Segovia P. және Martínez-Monzó J. [44] қосүйлі қалақайдың экструдерленген жүгері снектерінің құрамындағы фенолға, антиоксидантты қабілеттеріне, түсіне, құрылымы мен экструзиялау параметріне деген әсерін зерттеді. Зерттеу нәтижесі қосүйлі қалақай ұнтағын рецептураға қосу дайын өнім құрамындағы фенолдар мен антиоксиданттық қабілетінің өскенін көрсетті. Қоспадағы қосүйлі қалақай ұнтағының жоғары концентрациясы экструдаттардың кеуектілігінің төмендеуіне алып келді, дегенмен бұл молекулалық зақымданудың баяулауына және оның тұрақтылығына оң әсерін тигізді. Ғалымдар экструдаттың типтік сипаттамалары сақталып қалуы үшін қоспадағы қосүйлі қалақай ұнтағының құрамын 7,5% болуын ұсынатынымен қорытындылады. Қосүйлі қалақай ұнтағының басқа да тағамдық өнімдердің рецептурасына енгізу дайын өнімнің құрамындағы биологиялық белсенді заттардың, минералды заттар мен дәрумендердің артуына, сонымен қатар сақталу мерзімінің ұзаруына септігін тигізгендігі анықталды [45, 46, 47].

Kasprzak K. бірлескен авторлармен кале орамжапырағымен байытылған жүгері снектерінің антиоксидантты қабілеті мен фенол қышқылы құрамын зерттеді. Зерттеу жүргізу барысында ылғалдылығы 15% болатындай қоспаны жүгері жармасының 2, 4, 6 және 8%-ын ұнтақталған орамжапырақ ұнымен алмастырып дайындады. Қорытынды бойынша, кале орамжапырағын 4%-дан көп мөлшерде қосу барысында өнімде оннан астам фенол қышқылдары бар және денсаулыққа пайдалы табиғи антиоксиданттың көз болып табылатын жүгері снектерін алуға болатынын көрсетті. Авторлар бұл өнімдерді жүрек-қан тамырлары және 2 типті сусамыр сынды аурулардың қаупін төмендетуі мүмкін деген ұсыныстарын келтірді [48].

Gumul D., Ziobro R. және бірлескен поляк ғалымдары [49] жеміс қалдықтарының жүгері снектерін өндіруде пайдалы компоненттердің көзі ретіндегі маңызын зерттеді. Бұл өнімді шығару барысында ғалымдар алма қалдықтарын 20%-ға дейін қосуды оптималды деп таныды.

2 суретте 20% алма қалдықтары қосылған жүгері снектерінің фенолдық қосылыстардың көбеюі көрсетілген: хлороген – 36 есе, криптохлороген – 4 есе артуына, UPLC-PDA-MS/MS әдісі жүгері тағамдарында флорзиннің (25 есе), эпикатехиннің (8 есе) соңғы процианидиннің (шамамен 3 есе) айтарлықтай жоғарылауын байқауға мүмкіндік берді. Қорытындылай келе, ғалымдар алма қалдықтарын 20%-ға дейін қосу дайын өнімнің органолептикалық қасиеттерін өзгертпейтінін және осының негізінде диеталық талшықтар мен өнімнің антиоксиданттық қасиеттерінің артуына әкелгендігін ескере отырып, өнеркәсіптік ауқымда өндіруге кеңес беруге болатынын айтты.



Сурет 2 – Алма қалдықтарының 20% қосылғандағы жүгері снектерінің фенолдық қосылыстарының өзгеруі

Инкапсуляцияланған қызыл кактус алмұрт ұнтағы тамақ өнеркәсібі үшін әлеуетті маңызы бар табиғи боғыш және белгілі антиоксидант болып саналады. Мексика ғалымдары Martha G. Ruiz-Gutiérrez, Carlos A. Amaya-Guerra және бірлескен авторлар экструдатталған дәнді дақылдардың физико-химиялық қасиеттеріне жоғарыда аталған өнімнің әсерін зерттеді. Зерттеу негізінде инкапсуляцияланған қызыл кактус алмұрт ұнтағын 2,5, 5,0 және 7,5% мөлшерінде жүгері жармасымен араластырып, қоспаның ылғалдылығы 22%, температурасы 100°C және шнектің айналу жылдамдығы 325 айн/мин көрсеткіштерінде экструдаттады. Экструдатталған үлпектердің физикалық, химиялық және органолептикалық сипаттамалары бағаланды; инкапсуляцияланған ұнтақсыз экструдатталған үлпектер бақылау ретінде қабылданды. Инкапсуляцияланған ұнтақпен боялған барлық астық экструдаттары бақылаумен салыстырғанда кеңеюде, суды сіңіруде, түсінде, тығыздығында және құрылымында статистикалық маңызды айырмашылықтарды көрсетті. Инкапсуляцияланған ұнтақ көбіктену және суды сіңіру көрсеткіштеріне, сондай-ақ түс параметрлеріне оң әсер етті, бірақ тығыздық пен құрылымға теріс әсерін тигізді. Оптималды үлгі ретінде ғалымдар пигменті жоқ экструдатталған өнімдерге жақын сипатқа ие болған 2,5% ұнтақ қосылған үлгені таңдады [50].

Нәтижелерді талқылау

Әдеби дереккөздерді талдау нәтижелері бойынша экструзия процесі тамақ өндірісінде өсімдік шикізатын өңдеудің негізгі әдісі деп айтуға болады. Бұл процесс ағзаға өсімдік шикізатының көптеген компоненттерін, атап айтқанда ақуыздар мен крахмалдарды сіңіруге және анти-коректік заттардың мөлшерін төмендетуге көмектеседі. Экструзия процесінің нәтижелері бойынша бұrandаның айналу жылдамдығына байланысты дайын өнімнің энергетикалық құндылығы артады, антиоксиданттық қасиеттері, органолептикалық қасиеттері жақсарады. Сонымен қатар, әдеби дереккөздерді талдау экструзия процесі дайын өнімнің құрылымын жақсартуға әкелетінін көрсетті.

Қорытынды

Экструзия технологиясы басқа өңдеу әдістеріне қарағанда көптеген артықшылықтарымен ерекшелінетіндіктен тамақ өнеркәсібіне біршама өзгерістер енгізді. Бұл технологияны негізгі немесе қосалқы рецептура құрамы мен өңдеу жағдайларын өзгерту арқылы әртүрлі тағамдық топтардың әртүрлі өнімдерін өңдеуге ұсынады.

Зерттеу тақырыбына арналған ғылыми мақалаларды талдау негізінде экструзия жабайы өсімдік шикізатын тағамға өңдеудің ең тиімді әдістерінің бірі деп қорытынды жасауға болады. Жабайы өсімдік шикізаты адам денсаулығына қажетті дәрумендерге, көмірсуларға, ақуыздар және майларға бай, сонымен қатар құрамында органикалық қышқылдар мен антиоксиданттар бар. Дегенмен, ол шикізаттарды қазіргі таңда тек функционалды мақсатта аз мөлшерде ғана қолдануда. Отандық және шетелдік ғылыми мақалаларды талдау жабайы өсімдік шикізатын азық-түліктік мақсатта пайдалану тамақтану саласындағы жаңа және перспективалы бағыт екендігін растайды.

Әдебиеттер тізімі

1. Recent development, challenges, and prospects of extrusion technology / K. Prabha et al // Future Foods. – 2021. – Vol. 3. – P. 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100019>.
2. Offiah V., Kontogiorgos V., Falade K.O. Extrusion processing of raw food materials and by-products: A review / V. Offiah, V. Kontogiorgos, K.O. Falade // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2019. – Vol. 59. – P. 2979-2998. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1480007>.

3. Application of extrusion technology in plant food processing byproducts: An overview / W. Leonard et al // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2019. – Vol. 19, Issue 1. – P. 218-246. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12514>.
4. Effect of extrusion process conditions on extrudates enriched with carotenoids encapsulated by different methods using gum arabic and vegetable fat as carriers / L.S. Pinho et al // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2024. – Vol. 267, Part 2. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131200>.
5. Bioactive peptides by in vitro digestion of germinated bean cotyledons extrudates / L. Lopez-Barrios et al // *Journal of Food Research*. – 2018. – Vol. 7. – P. 76-85. <https://doi.org/10.5539/jfr.v7n1p76>.
6. Abdullahi M.J.B. Extrusion Technology: A Tool for Value Addition to Food By-Products and Wastes. / M.J.B. Abdullahi, B.M. Yelmi, T.A. Dendegh // *Archives of Current Research International*. – 2023. – P. 39-58. <https://doi.org/10.9734/acri/2021/v21i330236>.
7. Guyony V. High moisture extrusion of vegetable proteins for making fibrous meat analogs: A review. / V. Guyony, F. Fayolle, J. Vanessa // *Food Reviews International*. – 2022. – Vol. 39. – P. 4262-4287. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2023816>.
8. Wang Q. Mohanasundaram S. Impacts of extrusion processing on food nutritional components. / Q. Wang, K. Sivakumar // *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. – 2021. – Vol. 13. – P. 364-374. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01422-2>.
9. A Review of the Changes Produced by Extrusion Cooking on the Bioactive Compounds from Vegetal Sources / S. Mironeasa et al // *Antioxidants*. – 2023. – Vol. 12. – P. 1453. <https://doi.org/10.3390/antiox12071453>.
10. Utilization of Food Processing By-products in Extrusion Processing: A Review / D. Dey et al // *Front. Sustain. Food Syst.* – 2020. – Vol. 4, P. 603-751. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.603751>.
11. Development of value-added functional food by fusion of colored potato and buckwheat flour through hot-melt extrusion / O.K. Azad et al // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2021. – Vol. 46, Issue 5. – P. e15312. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15312>.
12. Extrusion Technology and its Application in Food Processing - An Overview / T.A. Dendegh et al // *Tropical journal of engineering, science and technology*. – 2022. – Vol.1, № 2.
13. Гуляева А.Н. Анализ изобретений, продуктов, технологий и оборудования процесса экструзии растительного сырья / А.Н. Гуляева, В.В. Бахарев // *Вестник ВГУИТ*. – 2022. – Vol. 84, № 2, С. 39-45. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-2-39-45>.
14. Opportunities in valorisation of industrial food waste into extruded snack products / A. Raleng et al // *Open MenuThe Indian Journal of Agricultural Sciences*. – 2022. – Vol. 92, № 10. <https://doi.org/10.56093/ijas.v92i10.113487>.
15. The application of some food industry by-products in the production of extruded products / A. Jozinovic et al // *Engineering power : bulletin of the Croatian Academy of Engineering*. – 2017. – Vol. 12. – P. 2-6.
16. Development and evaluation of fiber enhanced extrudates with vegetable waste powders / N. Bhagya Lakshmi et al // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. – 2017. – Vol. 6. – P. 125-129.
17. Ваншин В.В. Пищевые субпродукты как источник сырья для производства экструдированной продукции / В.В. Ваншин, Е.А. Ваншина, А.В. Еркаев // *Известия университетов. Прикладная химия и биотехнология*. – 2017. – С. 137-144 <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2017-7-3-137-144>.
18. Гарькина П.К. Тенденции в снижении энергетической ценности мучных кондитерских изделий / П.К. Гарькина, О.Н. Горбачева // *Инновационная техника и технология*. – 2020. – № 2. – С. 5-10.
19. The Effect of Fresh Kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) Addition and Processing Conditions on Selected Biological, Physical, and Chemical Properties of Extruded Snack Pellets / J. Soja et al // *Molecules*. – 2023. – № 28(4). – P. 1835. <https://doi.org/10.3390/molecules28041835>.
20. Nutritional and Phytochemical Composition of Mediterranean Wild Vegetables after Culinary Treatment / P. Garcia-Herrera et al // *Foods*. – 2020. – № 9(12). – P. 1761. <https://doi.org/10.3390/foods9121761>.
21. The Renaissance of Wild Food Plants: Insights from Tuscany (Italy) / A. Baldi et al // *Foods*. – 2022. – № 11(3). – P. 300. <https://doi.org/10.3390/foods11030300>.

22. Bioactive Phenolics and Antioxidant Capacity of Some Wild Edible Greens as Affected by Different Cooking Treatments / L. Sergio et al // *Foods*. – 2020. – № 9(9). – P. 1320. <https://doi.org/10.3390/foods9091320>.
23. Ashraf M.Y. Underutilized Vegetables: A Tool to Address Nutritional Issues, Poverty Reduction and Food Security / M.Y. Ashraf, M. Ashraf, M. Ozturk // *Global Perspectives on Underutilized Crops*. – 2018. – P. 1-23. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77776-4_1.
24. Оспанов А.А. Коэкструдерленген тамақ өнімдерін дайындау әдісін ғылыми негіздеу / А.А. Оспанов, А.К. Тимурбекова, А.Т. Алмаганбетова // *Алматы технологиялық университетінің хабаршысы*. – 2020. – № 4. – 47-53 бет. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2020-4-47-53>.
25. Kita A. The Effect of the Addition of Fruit Powders on the Quality of Snacks with Jerusalem Artichoke during Storage. / A. Kita, J. Nowak, A. Michalska-Ciechanowska // *Appl. Sci.* – 2020. – № 10. – P. 5603. <https://doi.org/10.3390/app10165603>.
26. Amino Acid Improving and Physical Qualities of Extruded Corn Snacks Using Flours Made from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus*), Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) and Pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) / A. Peksa et al // *Journal of Food Quality*. – 2016. – Vol. 39. – P. 580-589. <https://doi.org/10.1111/jfq.12242>.
27. The use of dry Jerusalem artichoke as a functional nutrient in developing extruded food with low glycaemic index / A. Radovanovic et al // *Food Chemistry*. – 2015. – Vol. 177. – P. 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.096>.
28. Kręcis M. Effect of composition and processing conditions on selected characteristics of extruded corn instant Gruels enriched with fruits addition / M. Kręcis, A. Wójtowicz, A. Oniszcuk // *BIO Web Conf.* – 2018. – Vol. 10. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20181002013>.
29. Physical and Functional Characteristics of Extrudates Prepared from Quinoa Enriched with Goji Berry / M. Dushkova et al // *Applied Sciences*. – 2023. – Vol. 13(6). – P. 3503. <https://doi.org/10.3390/app13063503>.
30. Health Benefits and Applications of Goji Berries in Functional Food Products Development: A Review / B.B. Vidovic et al // *Antioxidants*. – 2022. – № 11(2). – P. 248. <https://doi.org/10.3390/antiox11020248>.
31. Stability of goji bioactives during extrusion cooking process / A. Kosinka-Cagnazzo et al // *Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 230. – P. 250-256. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.035>.
32. Corn-Based Gluten-Free Snacks Supplemented with Various Dried Fruits: Characteristics of Physical Properties and Effect of Variables / M. Różańska-Boczula et al // *Applied Sciences*. – 2023. – Vol. 13. – P. 10678. <https://doi.org/10.3390/app131910678>.
33. Использование брусники в экструдированных продуктах, готовых к употреблению / А.Ю. Шариков и др. // *Хранение и переработка сельхозсырья*. – 2022. – № 4. – С. 191-200. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.379>.
34. Extrusion Processing of Pure Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) Pomace: Impact on Dietary Fiber Profile and Bioactive Compounds / V. Schmid et al // *Foods*. – 2021. – № 10(3). – P. 518. <https://doi.org/10.3390/foods10030518>.
35. Fresh Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) Fruits as Valuable Additive in Extruded Snack Pellets: Selected Nutritional and Physicochemical Properties / A. Wójtowicz et al // *Plants*. – 2023. – № 12(18). – P. 3276. <https://doi.org/10.3390/plants12183276>.
36. Gumul D. The Influence of Fruit Pomaces on Nutritional, Pro-Health Value and Quality of Extruded Gluten-Free Snacks / D. Gumul, W. Berski, T. Zieba // *Applied Sciences*. – 2023. – № 13(8). – P. 4818. <https://doi.org/10.3390/app13084818>.
37. Krecisz M. Radical scavenging activity of instant Gruels enriched with cranberry fruits determined by thin-layer chromatography – DPPH test and by spectrophotometric method / M. Krecisz, M. Waksmundzka-Hajnos, A. Oniszcuk // *Journal of Planar Chromatography – Modern TLC*. – 2017. – Vol. 30. – P. 418-422. <https://doi.org/10.1556/1006.2017.30.5.12>.
38. Use of blackcurrant and chokeberry press residue in snack products / W. Drozd et al // *Polish Journal of Chemical Technology*. – 2019. – Vol. 21. – P. 13-19. <https://doi.org/10.2478/pjct-2019-0003>.
39. Corn Extrudates Enriched with Health-Promoting Ingredients: Physicochemical, Nutritional, and Functional Characteristics / A. Culetu et al // *Processes*. – 2023. – № 11(4). – P. 1108. <https://doi.org/10.3390/pr11041108>.
40. A new trend among plant-based food ingredients in food processing technology / E. Erem et al // *Aquafaba*. – 2021. – № 63(20). – P. 4467-4484. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2002259>.

41. Analysis of the content of bioactive compounds in selected flours and enriched extruded corn products / J. Kolniak-Ostek et al // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2017. – Vol. 64. – P. 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.08.008>.
42. Sarka E. Changes in Phenolics during Cooking Extrusion: A Review / E. Sarka, M. Slukova, S. Henke // *Foods*. – 2021. – № 10(9). – P. 2100. <https://doi.org/10.3390/foods10092100>.
43. Sustainable production of naturally colored extruded breakfast cereals from blends of broken rice and vegetable flours / V.G. Sebastiao et al // *Food Research International*. – 2023. – Vol. 172. – P. 11078. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113078>.
44. Impact of *Urtica dioica* on phenols, antioxidant capacity, color, texture and extrusion parameters of extruded corn products / M. Igual et al // *British Food Journal*. – 2023. – Vol. 125, № 2. – P. 696-712. <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2022-0147>.
45. Nettle (*Urtica dioica* L.) as a functional bioactive food ingredient: Applications in food products and edible films, characterization, and encapsulation systems / M. Mohammadian et al // *Trends in Food Science & Technology*. – 2024. – Vol. 147. – P. 104421. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104421>.
46. Stinging nettle (*Urtica dioica* L.) as a functional food additive in egg pasta: Enrichment and bioaccessibility of Lutein and β -carotene / N. Marchetti et al // *Journal of Functional Foods*. – 2018. – Vol. 47. – P. 547-553. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.062>.
47. Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.) as a Functional Component in Durum Wheat Pasta Production: Impact on Chemical Composition, In Vitro Glycemic Index, and Quality Properties / A. Krawecka et al // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26, № 26(22). – P. 6909. <https://doi.org/10.3390/molecules26226909>.
48. Phenolic Acid Content and Antioxidant Properties of Extruded Corn Snacks Enriched with Kale / K. Kasprzak et al // *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. – 2018. – Vol. 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7830546>.
49. Fruit Waste as a Matrix of Health-Promoting Compounds in the Production of Corn Snacks / D. Gumul et al // *International Journal of Food Science*. – 2022. – P. 11. <https://doi.org/10.1155/2022/7341118>.
50. Use of Red Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*) Encapsulated Powder to Pigment Extruded Cereal / M.G. Ruiz-Gutiérrez et al // *Journal of Food Quality*. – 2017. – 12 p. <https://doi.org/10.1155/2017/7262464>.

References

1. Recent development, challenges, and prospects of extrusion technology / K. Prabha et al // *Future Foods*. – 2021. – Vol. 3. – R. 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100019>. (In English).
2. Offiah V., Kontogiorgos V., Falade K.O. Extrusion processing of raw food materials and by-products: A review / V. Offiah, V. Kontogiorgos, K.O. Falade // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2019. – Vol. 59. – R. 2979-2998. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1480007>. (In English).
3. Application of extrusion technology in plant food processing byproducts: An overview / W. Leonard et al // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2019. – Vol. 19, Issue 1. – R. 218-246. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12514>. (In English).
4. Effect of extrusion process conditions on extrudates enriched with carotenoids encapsulated by different methods using gum arabic and vegetable fat as carriers / L.S. Pinho et al // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2024. – Vol. 267, Part 2. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131200>. (In English).
5. Bioactive peptides by in vitro digestion of germinated bean cotyledons extrudates / L. Lopez-Barrios et al // *Journal of Food Research*. – 2018. – Vol. 7. – R. 76-85. <https://doi.org/10.5539/jfr.v7n1p76>. (In English).
6. Abdullahi M.J.B. Extrusion Technology: A Tool for Value Addition to Food By-Products and Wastes. / M.J.B. Abdullahi, B.M. Yelmi, T.A. Dendegh // *Archives of Current Research International*. – 2023. – R. 39-58. <https://doi.org/10.9734/acri/2021/v21i330236>. (In English).
7. Guyony V. High moisture extrusion of vegetable proteins for making fibrous meat analogs: A review. / V. Guyony, F. Fayolle, J. Vanessa // *Food Reviews International*. – 2022. – Vol. 39. – R. 4262-4287. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2023816>. (In English).
8. Wang Q. Mohanasundaram S. Impacts of extrusion processing on food nutritional components. / Q. Wang, K. Sivakumar // *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. – 2021. – Vol. 13. – R. 364-374. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01422-2>. (In English).

9. A Review of the Changes Produced by Extrusion Cooking on the Bioactive Compounds from Vegetal Sources / S. Mironeasa et al // *Antioxidants*. – 2023. – Vol. 12. – R. 1453. <https://doi.org/10.3390/antiox12071453>. (In English).
10. Utilization of Food Processing By-products in Extrusion Processing: A Review / D. Dey et al // *Front. Sustain. Food Syst.* – 2020. – Vol. 4. – R. 603-751. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.603751>. (In English).
11. Development of value-added functional food by fusion of colored potato and buckwheat flour through hot-melt extrusion / O.K. Azad et al // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2021. – Vol. 46, Issue 5. – R. e15312. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15312>. (In English).
12. Extrusion Technology and its Application in Food Processing – An Overview / T.A. Dendegh et al // *Tropical journal of engineering, science and technology*. – 2022. – Vol.1, № 2. (In English).
13. Gulyaeva A.N. Analiz izobretenii, produktov, tekhnologii i oborudovaniya protsesssa ehkstruzii rastitel'nogo syr'ya / A.N. Gulyaeva, V.V. Bakharev // *Vestnik VGUI*. – 2022. – Vol. 84, № 2. – S. 39-45. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-2-39-45>. (In Russian).
14. Opportunities in valorisation of industrial food waste into extruded snack products / A. Raleng et al // *Open MenuThe Indian Journal of Agricultural Sciences*. – 2022. – Vol. 92, № 10. <https://doi.org/10.56093/ijas.v92i10.113487>. (In English).
15. The application of some food industry by-products in the production of extruded products / A. Jozinovic et al // *Engineering power : bulletin of the Croatian Academy of Engineering*. – 2017. – Vol. 12. – R. 2-6. (In English).
16. Development and evaluation of fiber enhanced extrudates with vegetable waste powders / N. Bhagya Lakshmi et al // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. – 2017. – Vol. 6. – R. 125-129. (In English).
17. Vanshin V.V. Pishchevye subprodukty kak istochnik syr'ya dlya proizvodstva ehkstrudirovannoi produktsii / V.V. Vanshin, E.A. Vanshina, A.V. Erkaev // *Izvestiya universitetov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*. – 2017. – S. 137-144 <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2017-7-3-137-144>. (In Russian).
18. Gar'kina P.K. Tendentsii v snizhenii ehnergeticheskoi tsennosti muchnykh konditerskikh izdelii / P.K. Gar'kina, O.N. Gorbacheva // *Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya*. – 2020. – № 2. – S. 5-10. (In Russian).
19. The Effect of Fresh Kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) Addition and Processing Conditions on Selected Biological, Physical, and Chemical Properties of Extruded Snack Pellets / J. Soja et al // *Molecules*. – 2023. – № 28(4). – R. 1835. <https://doi.org/10.3390/molecules28041835>. (In English).
20. Nutritional and Phytochemical Composition of Mediterranean Wild Vegetables after Culinary Treatment / P. Garcia-Herrera et al // *Foods*. – 2020. – № 9(12). – R. 1761. <https://doi.org/10.3390/foods9121761>. (In English).
21. The Renaissance of Wild Food Plants: Insights from Tuscany (Italy) / A. Baldi et al // *Foods*. – 2022. – № 11(3). – R. 300. <https://doi.org/10.3390/foods11030300>. (In English).
22. Bioactive Phenolics and Antioxidant Capacity of Some Wild Edible Greens as Affected by Different Cooking Treatments / L. Sergio et al // *Foods*. – 2020. – № 9(9). – R. 1320. <https://doi.org/10.3390/foods9091320>. (In English).
23. Ashraf M.Y. Underutilized Vegetables: A Tool to Address Nutritional Issues, Poverty Reduction and Food Security / M.Y. Ashraf, M. Ashraf, M. Ozturk // *Global Perspectives on Underutilized Crops*. – 2018. – R. 1-23. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77776-4_1. (In English).
24. Ospanov A.A. Koehkstruderlengen tamak onimderin daiyndau adisin gylymi negizdeu / A.A. Ospanov, A.K. Timurbekova, A.T. Almagambetova // *Almaty tekhnologiyalyk universitetinin khabarshysy*. – 2020. – № 4. – 47-53 bet. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2020-4-47-53>. (In Kazakh).
25. Kita A. The Effect of the Addition of Fruit Powders on the Quality of Snacks with Jerusalem Artichoke during Storage. / A. Kita, J. Nowak, A. Michalska-Ciechanowska // *Appl. Sci.* – 2020. – № 10. – R. 5603. <https://doi.org/10.3390/app10165603>. (In English).
26. Amino Acid Improving and Physical Qualities of Extruded Corn Snacks Using Flours Made from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus*), Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) and Pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) / A. Peksa et al // *Journal of Food Quality*. – 2016. – Vol. 39. – R. 580-589. <https://doi.org/10.1111/jfq.12242>. (In English).

27. The use of dry Jerusalem artichoke as a functional nutrient in developing extruded food with low glycaemic index / A. Radovanovic et al // Food Chemistry. – 2015. – Vol. 177. – R. 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.096>. (In English).
28. Kręcis M. Effect of composition and processing conditions on selected characteristics of extruded corn instant gruels enriched with fruits addition / M. Kręcis, A. Wójtowicz, A. Oniszcuk // BIO Web Conf. – 2018. – Vol. 10. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20181002013>. (In English).
29. Physical and Functional Characteristics of Extrudates Prepared from Quinoa Enriched with Goji Berry / M. Dushkova et al // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13(6). – R. 3503. <https://doi.org/10.3390/app13063503>. (In English).
30. Health Benefits and Applications of Goji Berries in Functional Food Products Development: A Review / B.B. Vidovic et al // Antioxidants. – 2022. – № 11(2). – R. 248. <https://doi.org/10.3390/antiox11020248>. (In English).
31. Stability of goji bioactives during extrusion cooking process / A. Kosinka-Cagnazzo et al // Food Chemistry. – 2017. – Vol. 230. – R. 250-256. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.035>. (In English).
32. Corn-Based Gluten-Free Snacks Supplemented with Various Dried Fruits: Characteristics of Physical Properties and Effect of Variables / M. Różańska-Boczula et al // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13. – R. 10678. <https://doi.org/10.3390/app131910678>. (In English).
33. Ispol'zovanie brusniki v ehkstrudirovannykh produktakh, gotovykh k upotrebleniyu / A.YU. Sharikov i dr. // Khranenie i pererabotka selkhozsyrya. – 2022. – № 4. – S. 191-200. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.379>. (In Russian).
34. Extrusion Processing of Pure Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) Pomace: Impact on Dietary Fiber Profile and Bioactive Compounds / V. Schmid et al // Foods. – 2021. – № 10(3). – R. 518. <https://doi.org/10.3390/foods10030518>. (In English).
35. Fresh Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) Fruits as Valuable Additive in Extruded Snack Pellets: Selected Nutritional and Physiochemical Properties / A. Wójtowicz et al // Plants. – 2023. – № 12(18). – R. 3276. <https://doi.org/10.3390/plants12183276>. (In English).
36. Gumul D. The Influence of Fruit Pomaces on Nutritional, Pro-Health Value and Quality of Extruded Gluten-Free Snacks / D. Gumul, W. Berski, T. Zieba // Applied Sciences. – 2023. – № 13(8). – R. 4818. <https://doi.org/10.3390/app13084818>. (In English).
37. Krecisz M. Radical scavenging activity of instant gruels enriched with cranberry fruits determined by thin-layer chromatography – DPPH test and by spectrophotometric method / M. Krecisz, M. Waksmundzka-Hajnos, A. Oniszcuk // Journal of Planar Chromatography – Modern TLC. – 2017. – Vol. 30. – R. 418-422. <https://doi.org/10.1556/1006.2017.30.5.12>. (In English).
38. Use of blackcurrant and chokeberry press residue in snack products / W. Drozd et al // Polish Journal of Chemical Technology. – 2019. – Vol. 21. – R. 13-19. <https://doi.org/10.2478/pjct-2019-0003>. (In English).
39. Corn Extrudates Enriched with Health-Promoting Ingredients: Physicochemical, Nutritional, and Functional Characteristics / A. Culetu et al // Processes. – 2023. – № 11(4). – R. 1108. <https://doi.org/10.3390/pr11041108>. (In English).
40. A new trend among plant-based food ingredients in food processing technology / E. Erem et al // Aquafaba. – 2021. – № 63(20). – R. 4467-4484. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2002259>. (In English).
41. Analysis of the content of bioactive compounds in selected flours and enriched extruded corn products / J. Kolniak-Ostek et al // Journal of Food Composition and Analysis. – 2017. – Vol. 64. – R. 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.08.008>. (In English).
42. Sarka E. Changes in Phenolics during Cooking Extrusion: A Review / E. Sarka, M. Slukova, S. Henke // Foods. – 2021. – № 10(9). – R. 2100. <https://doi.org/10.3390/foods10092100>. (In English).
43. Sustainable production of naturally colored extruded breakfast cereals from blends of broken rice and vegetable flours / V.G. Sebastiao et al // Food Research International. – 2023. – Vol. 172. – R. 11078. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113078>. (In English).
44. Impact of *Urtica dioica* on phenols, antioxidant capacity, color, texture and extrusion parameters of extruded corn products / M. Igual et al // British Food Journal. – 2023. – Vol. 125, № 2. – R. 696-712. <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2022-0147>. (In English).
45. Nettle (*Urtica dioica* L.) as a functional bioactive food ingredient: Applications in food products and edible films, characterization, and encapsulation systems / M. Mohammadian et al // Trends in

- Food Science & Technology. – 2024. – Vol. 147. – R. 104421. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104421>. (In English).
46. Stinging nettle (*Urtica dioica* L.) as a functional food additive in egg pasta: Enrichment and bioaccessibility of Lutein and β -carotene / N. Marchetti et al // Journal of Functional Foods. – 2018. – Vol. 47. – R. 547-553. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.062>. (In English).
47. Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.) as a Functional Component in Durum Wheat Pasta Production: Impact on Chemical Composition, In Vitro Glycemic Index, and Quality Properties / A. Krawecka et al // Molecules. – 2021. – Vol. 26, № 26(22). – R. 6909. <https://doi.org/10.3390/molecules26226909>. (In English).
48. Phenolic Acid Content and Antioxidant Properties of Extruded Corn Snacks Enriched with Kale / K. Kasprzak et al // Journal of Analytical Methods in Chemistry. – 2018. – Vol. 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7830546>. (In English).
49. Fruit Waste as a Matrix of Health-Promoting Compounds in the Production of Corn Snacks / D. Gumul et al // International Journal of Food Science. – 2022. – R. 11. <https://doi.org/10.1155/2022/7341118>. (In English).
50. Use of Red Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*) Encapsulated Powder to Pigment Extruded Cereal / M.G. Ruiz-Gutiérrez et al // Journal of Food Quality. – 2017. – 12 p. <https://doi.org/10.1155/2017/7262464>. (In English).

Т.Б. Ахлан^{1*}, А.К. Изембаева¹, Н. Gul²
Алматинский технологический университет,
050012, г. Алматы, ул. Толе би, 100
²Университет имени Сулеймана Демиреля
32260, Турция, г. Испарта, Чюнур
*e-mail: togzhan.akhlan@yandex.kz

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСТРУЗИИ

Экструзия – один из наиболее часто используемых термомеханических процессов, который обладает многими преимуществами: универсальностью, гибкостью, высокой производительностью, низкой стоимостью и энергоэффективностью. При разработке рецептуры ученые руководствовались целью изучения питательной ценности экструдированных продуктов, таких как изделия прямого вспенивания, завтраки и макаронные изделия, с использованием нетрадиционных ингредиентов из растительного сырья. Он не только обладает разнообразием характеристик с точки зрения химического состава и функциональных характеристик, но и влияет на качество конечной продукции при экструзионной обработке различных видов сырья. Для того чтобы использовать эти нетрадиционные растительные материалы в экструзии, важно понимать их влияние на качество сырья и экструдированных продуктов.

Данная статья посвящена теоретическим аспектам включения нетрадиционного растительного сырья в состав экструдированных пищевых продуктов. Изготовление продуктов из растительного сырья с помощью экструзионной обработки является экологически безопасным способом, позволяющим получать продукты с различными пищевыми свойствами и функциональными характеристиками. При анализе научных статей, посвящённых данной тематике, было установлено, что экструзия является одним из наиболее эффективных способов переработки нетрадиционного растительного сырья в пищу. В ходе исследований было установлено, что экструдирование может повысить усвояемость ингредиентов растительного сырья, а также уменьшить количество антипитательных факторов.

Ключевые слова: экструзия, экструдат, растительное сырьё, снековые продукты, свойства экструдата, пищевая ценность.

T. Akhlan^{1*}, A. Izembayeva¹, H. Gul²

¹Almaty technological university,
050012, Almaty, Tole bi Street, 100

²Suleyman Demirel University,
32260, Turkey, Isparta, Çünür

*e-mail: togzhan.akhlan@yandex.kz

THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE USE OF VEGETABLE RAW MATERIALS IN THE EXTRUSION PROCESS

Extrusion is one of the most commonly used thermomechanical processes, which has many advantages: versatility, flexibility, high productivity, low cost and energy efficiency. When developing the formulation, scientists were guided by the goal of studying the nutritional value of extruded products, such as direct foaming products, breakfasts and pasta, using non-traditional ingredients from vegetable raw materials. It not only has a variety of characteristics in terms of chemical composition and functional characteristics, but also affects the quality of final products during extrusion processing of various types of raw materials. In order to apply these non-traditional plant materials in extrusion, it is important to understand their impact on the quality of raw materials and extruded products.

This paper discusses the theoretical aspects of incorporating non-traditional vegetable ingredients into the composition of extruded foods. Processing vegetable materials through extrusion is a sustainable method that produces products with diverse nutritional benefits and functional properties. Through an analysis of scientific literature, we found that extrusion is an effective way to transform unconventional vegetable ingredients into edible products. Our research also revealed that extrusion increases the digestibility of these ingredients and reduces the presence of anti-nutrients.

Key words: extrusion, extrudate, vegetable raw materials, snack products, extrudate properties, nutritional value.

Авторлар туралы мәліметтер

Тоғжан Бақытқызы Ахлан* – «Астық өнімдері және өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының докторанты, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: togzhan.akhlan@yandex.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7883-7228>.

Асель Камалсеитовна Изембаева – «Астық өнімдері және өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының сениор-лекторы, PhD, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: asel_19.01.83@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1246-2726>.

Hülya Gül – «Тағам технологиялары» кафедрасының профессоры, доктор; Сулейман Демирель университеті, Турция; e-mail: hulyagul@sdu.edu.tr. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6791-817X>.

Сведения об авторах

Тоғжан Бақытқызы Ахлан* – докторант кафедры «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств»; Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: togzhan.akhlan@yandex.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7883-7228>.

Асель Камалсеитовна Изембаева – PhD, сениор-лектор кафедры «Технология хлебопродуктов и перерабатывающих производств»; Алматинский технологический университет, Республика Казахстан; e-mail: asel_19.01.83@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1246-2726>.

Hülya Gül – доктор, профессор кафедры «Пищевых технологий»; Университет Сулеймана Демиреля, Турция; e-mail: hulyagul@sdu.edu.tr. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6791-817X>.

Information about the authors

Togzhan Akhlan* – doctoral student of the Department "Technology of bread products and processing industries"; Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: togzhan.akhlan@yandex.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7883-7228>.

Assel Izembayeva – PhD, Senior lecturer of the Department «Technology of bread products and processing industries»; Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan; e-mail: asel_19.01.83@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1246-2726>.

Hülya Gül – Doctor, Professor of the Department of Food Technologies; Suleiman Demirel University, Turkey; e-mail: hulyagul@sdu.edu.tr. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6791-817X>.

*Редакцияға енуі 02.04.2024
Өңдеуден кейін түсуі 22.07.2024
Жариялауға қабылданды 06.09.2024*