https://doi.org/10.58805/fs.V.1(32)-27

ДӘСТҮРЛІ ЕМЕС ӨСІМДІК ТЕКТЕС ШИКІЗАТТАРДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ КРЕКЕР РЕЦЕПТУРАСЫН ЖЕТІЛДІРУ ЖӘНЕ САПАСЫН КЕШЕНДІ БАҒАЛАУ

Б.Ж. Мулдабекова[1], **М.А. Якияева**[1], **Ш.А. Турсунбаева**[1], **М.Б. Султанкул**[1]✉,

[1] *Алматы технологиялық университеті Алматы Қазақстан*
✉ *Корреспондент-автор: m.sultankul@bk.ru*

Мақалада жержаңғақ ұны мен Undaria pinnatifida қоңыр балдыр ұнтағын функционалды компоненттер ретінде пайдалана отырып, крекерлерді әзірлеу және сапасын бағалау нәтижелері ұсынылған. Зерттеудің өзектілігі тағамдық және биологиялық құндылығы төмендетілген ұн өнімдерінің түрлерін кеңейту қажеттілігімен анықталады. Мақсат бидай ұнын жержаңғақ ұнымен алмастырудың ең тиімді пропорцияларын және Undaria pinnatifida ұнтағын қосудың оңтайлы мөлшерін анықтау, сондай-ақ соңғы өнімді жан-жақты бағалау болды. Зерттелген материалдарға жержаңғақ ұны, Undaria pinnatifida балдыр ұнтағы және дайын крекерлер кірді. Тәжірибеде бақылау және сынақ үлгілері алынды, бидай ұны 10-нан 30%-ға дейінгі диапазонда 5% өсіммен жержаңғақ ұнымен ішінара ауыстырылды. Содан кейін теңіз балдыры ұнтағы 25% жержаңғақ ұны бар рецептке 1-ден 5%-ға дейінгі деңгейде қосылды. Өнімнің сапасы қазіргі стандарттарды ескере отырып, физика-химиялық параметрлерге, құрамына (ақуыз, май, көмірсу және талшық мөлшері), минералды құрамына және энергия құндылығына негізделіп талданды. Жержаңғақ ұнының үлесін арттыру ақуыз бен май деңгейінің жоғарылауына әкелетіні, көмірсулардың мөлшерін азайтатыны және өнімнің құрылымын жақсартатыны анықталды. Бидай ұнының 25%-ын жержаңғақ ұнымен алмастыру оңтайлы болып саналады. 4% Undaria pinnatifida ұнтағын қосу талшық пен минералды құрамды, әсіресе магний мен калийді арттырады, сонымен бірге қолайлы дәмдік сипаттамаларын сақтайды. Дайын өнім жоғары температураға төзімділігіне байланысты йодсыз. Алынған крекерлердің тағамдық құндылығы мен теңгерімді энергия мөлшері артты, бұл жержаңғақ ұны мен Undaria pinnatifida ұнтағын функционалды ұн негізіндегі кондитерлік өнімдер өндірісінде пайдалану мүмкіндігін растайды.

Түйін сөздер: крекерлер, арахис ұны, Undaria pinnatifida, тағамдық құндылық, минералды құрам, функционалдық өнімдер.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ КРЕКЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕТРАДИЦИОННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЕГО КАЧЕСТВА

Б.Ж. Мулдабекова, **М.А. Якияева**, **Ш.А. Турсунбаева**, **М.Б. Султанкул**✉

[1] *Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,*
e-mail: m.sultankul@bk.ru

Представлены результаты создания и оценки качества крекеров с применением арахисовой муки и порошка бурой водоросли Undaria pinnatifida в качестве функциональных компонентов. Актуальность исследования продиктована потребностью в расширении ассортимента мучных продуктов со сниженной питательной и биологической ценностью. Поставлена задача - выявление наиболее эффективных пропорций замены пшеничной муки арахисовой мукой и оптимальной нормы добавления порошка Undaria pinnatifida, а также комплексная оценка конечного продукта. Исследовались такие материалы, как арахисовая мука, порошок водоросли Undaria pinnatifida и готовые крекеры. В эксперименте изготавливали контрольные и опытные образцы с частичной заменой пшеничной муки арахисовой в диапазоне от 10 до 30 % с шагом 5 %. Затем в рецептурную базу с 25 % арахисовой мукой дополнительно вносили порошок водоросли в пределах от 1 до 5 %. Качество продукции анализировалось по физико-химическим параметрам, составу (по содержанию белков, жиров, углеводов, клетчатки), минеральному составу, энергетической ценности-с учётом требований действующих стандартов. Установлено, что рост доли арахисовой муки приводит к увеличению уровня белка и жира, снижает содержание углеводов и улучшает структуру изделия. Оптимальным считается вариант с замещением 25 % пшеничной муки арахисовой. Включение 4

% порошка Undaria pinnatifida позволяет повысить содержание клетчатки и минералов, особенно магния и калия, сохранив при этом приемлемые вкусовые характеристики. Йод в готовом продукте отсутствует из-за высокой термоустойчивости. Полученные крекеры отличаются повышенной пищевой ценностью и сбалансированной энергетикой, что подтверждает целесообразность применения арахисовой муки и порошка водоросли Undaria pinnatifida при производстве функциональных мучных сладостей.

Ключевые слова: крекеры, арахисовая мука, Undaria pinnatifida, пищевая ценность, минеральный состав, функциональные продукты.

IMPROVEMENT OF CRACKER FORMULATION THROUGHT THE USE OF NON-TRADITIONAL PLANT-BASED RAW MATERIALS AND COMPREHENSIVE QUALITY ASSESSMENT

B.Zh. Muldabekova, **M.A. Yakiyayeva**, **Sh.A. Tursunbayeva**, **M.B. Sultankul**✉

[1] *Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,*
e-mail: m.sultankul@bk.ru

The paper presents the results of the development and quality evaluation of crackers using peanut flour and Undaria pinnatifida brown seaweed powder as functional components. The relevance of the study is dictated by the need to expand the range of flour products with reduced nutritional and biological value. The objective was to identify the most effective proportions for replacing wheat flour with peanut flour and the optimal addition rate of Undaria pinnatifida powder, as well as to comprehensively evaluate the final product. The materials studied included peanut flour, Undaria pinnatifida seaweed powder, and finished crackers. Control and test samples were produced in the experiment, with wheat flour partially replaced with peanut flour in a range of 10 to 30% in 5% increments. Seaweed powder was then added to a recipe containing 25% peanut flour at levels of 1 to 5%. Product quality was analyzed based on physicochemical parameters, composition (protein, fat, carbohydrate, and fiber content), mineral content, and energy value, taking into account current standards. It was found that increasing the proportion of peanut flour leads to higher protein and fat levels, reduces carbohydrate content, and improves the product's texture. Substituting 25% of wheat flour with peanut flour is considered optimal. Including 4% Undaria pinnatifida powder increases the fiber and mineral content, particularly magnesium and potassium, while maintaining acceptable flavor characteristics. The finished product is iodine-free due to its high heat stability. The resulting crackers have increased nutritional value and a balanced energy content, confirming the feasibility of using peanut flour and Undaria pinnatifida powder in the production of functional flour-based confections.

Keywords: crackers, peanut flour, Undaria pinnatifida, nutritional value, mineral composition, functional foods.

Кіріспе. Крекерлер-көмірсуларға бай және тағамдық құндылығы салыстырмалы түрде төмен (ақуыз, талшық, микроэлементтер және макронутриенттер) кең таралған крахмалды жеңіл тағам. Сондықтан, соңғы жылдары олардың органолептикалық қасиеттеріне-қытырлақтығына, біркелкі кеуектілігіне, минималды ылғалдылығына, таза дәміне және ұзақ сақтау мерзіміне нұқсан келтірмей, тағамдық құндылығын арттыратын рецептерді әзірлеуге көбірек көңіл бөлінуде. Бұл тәсілдерге теңіз балдырларын (минералдар, талшықтар және биоактивті заттардың көзі ретінде) және бұршақ тұқымдастарды/жаңғақтарды (ақуыз, майлар және маңызды аминқышқылдарының жеткізушісі ретінде) пайдалану кіреді. Нан өнімдері мен ұн өнімдерінде теңіз балдырларын пайдалануды шолу балдыр ұнтақтарын қосу көбінесе өнімдердің ақуыз бен талшық құрамын жақсартатынын және антиоксиданттық белсенділікті арттыратынын көрсетеді. Дегенмен, жоғары дозаларда ол айқын теңіз дәмі мен үгінді түсі мен құрылымының өзгеруіне байланысты төзімділікті төмендетуі мүмкін [1].

Қоңыр балдыр Undaria pinnatifida (вакаме)-функционалды байытуға арналған ерекше перспективалы теңіз шикізаты. Оның құрамында фукоидандар мен алгин қышқылы сияқты сульфатталған полисахаридтер, фукоксантин пигменті, фенолдық қосылыстар, минералды элементтер (магний, калий, кальций) және тағамдық талшықтар мол мөлшерде кездеседі [2, 3]. Cheong et al. (2025) жан-жақты шолуы U. pinnatifida полисахаридтерінің антиоксиданттық, иммунмодуляторлық, антиканцерогендік, ішек микробиомын жақсартушы және гипогликемиялық белсенділігін дәлелдеп, оны функционалды тамақ өнімдерін жасауда маңызды биоресурс ретінде сипаттады [4]. Технологиялық тұрғыдан алғанда, қоңыр балдыр компоненттерінің суды ұстап тұру және қамырдың құрылымына өзгерістер енгізу қа-

білеті крекердің текстурасына (сынғыштық, қаттылық, кеуектілік), крахмалдың қорытылу кинетикасы мен су алмасу процестеріне айтарлықтай әсер ете алады [5, 6].

Балдыр ұнтақтарын ұн өнімдерінде қолданудың эмпирикалық деректері бұл ингредиенттің тиімділігін растайды: балдыр ұнтағын қосу өнімдердің күл, талшық және антиоксиданттық белсенділігін арттырады, бірақ жоғары концентрацияда теңіз дәмі мен түстің қарқындануы байқалады [1, 7]. Ledbetter et al. (2025) үш түрлі қоңыр балдырдың крекердегі тиімділігін зерттеп, алдын ала өңдеу режімі мен концентрацияның сенсорлық және текстуралдық сипаттамаларға шешуші маңыздылығын дәлелдеді; сонымен бірге 5%-дан жоғары дозалар органолептикалық сапаны айтарлықтай нашарлататынын атап өтті [8]. Yang et al. (2025) U. pinnatifida фукоиданының NF-κB және MAPK жолдарын тежей отырып, қабынуға қарсы және нейропротекторлық әсерін жануарлар моделінде дәлелдеді [9]. Крекерлердің функционалды түрлерін (бұршақ пюресін немесе балама ұндарды пайдалану) зерттеуде негізгі ұнды ішінара ауыстыру арқылы ақуыз профилін арттыру және крахмалдың сіңімділік дәрежесін төмендету перспективасы атап өтілді [10].

Вакаме үшін балдырлардың түрі мен концентрациясы жұмсақтық параметрлерін айтарлықтай өзгерте алатыны және крахмалдың қорытылу кинетикасын бір уақытта өзгерте алатыны туралы дәлелдер бар: модельдік крекерлерде вакаме крахмалдың ыдырауын тежеу қабілетін көрсетті, бұл балдырлардың тағамдық талшықтарымен және полисахаридтерімен байланысты болуы мүмкін [6]. Сонымен қатар, жақында жүргізілген зерттеулер қоңыр балдырларды алдын ала өңдеудің (термиялық/механикалық өңдеу, кептіру) дайын крекердің құрылымын және сенсорлық сипаттамаларын анықтайтын фактор ретіндегі рөлін көрсетеді [8].

Жержаңғақ ұны ақуыз (20-42%) мен аминқышқылдарының жоғары құрамымен, сондай-ақ қамырдың реологиясын және дайын өнімнің құрылымын өзгерте алатын функционалдық қасиеттерімен (су мен майдың сақталуы, эмульгациялау қабілеті) құнды [11]. Templonuevo et al. (2024) кептіру режимінің U. pinnatifida биоактивтеріне әсерін зерттеп, мұздатып кептірудің фукоксантин мен хлорофилді ең жақсы сақтайтынын, ал жоғары температура кейбір термолабильді қосылыстардың ыдырауын тездететінін анықтады [12]. Технология тұрғысынан алғанда, бидай ұнының бір бөлігін жержаңғақ ұнымен ауыстыру судың сіңуін арттырып, өнімдердің құрылымдық сипаттамаларын өзгертеді, бұл рецептің ылғалдылығы мен май құрамын түзетуді қажет ететінін зерттеулер көрсетеді [13].

Ұн өнімдеріне келетін болсақ, майсыздандырылған жержаңғақ ұнын байытқыш ретінде пайдалану қоспалардың тағамдық қасиеттері мен функционалдық қасиеттерін жақсарта алатыны да көрсетілген; дегенмен, мөлшерді шамадан тыс тығыздық пен айқын «жаңғақ» дәмі пайда болу қаупін ескере отырып түзету керек [9, 14].

Дегенмен, жержаңғақ ұны мен Undaria pinnatifida балдыры ұнтағын бір мезгілде крекер рецептурасына қосудың кешенді тиімділігін бағалайтын зерттеулер жоқтың қасы. Қолданыстағы жұмыстарда не тек балдыр компоненттері, не тек бұршақ ұндары жеке-жеке зерттелген, ал олардың бірлескен қолданысының физика-химиялық, тағамдық және сенсорлық сипаттамаларға жиынтық әсері кешенді бағаланбаған.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы: бидай ұнының 25%-ын жержаңғақ ұнымен алмастыру және Undaria pinnatifida ұнтағын 4% мөлшерде қосу арқылы жасалған крекер рецептурасы ұсынылды; бұл комбинация алғаш рет физика-химиялық, минералды, тағамдық және органолептикалық параметрлер бойынша кешенді бағаланды.

Зерттеудің мақсаты-бидай ұнын жержаңғақ ұнымен алмастырудың тиімді пропорцияларын және Undaria pinnatifida ұнтағын қосудың оңтайлы мөлшерін анықтау, сондай-ақ соңғы өнімді жанжақты бағалау.

Материалдар мен әдістер. Зерттеулер жержаңғақ ұнында, кептірілген қоңыр балдырларда (Undaria pinnatifida) және осы ингредиенттерді пайдаланып жасалған дайын өнім - крекерлерде жүргізілді. Жержаңғақ ұны өсімдік ақуызы мен майының көзі ретінде пайдаланылды, ал балдыр функционалды қоспа ретінде қызмет етті, өнімді минералды құраммен және биологиялық белсенді заттармен қамтамасыз етті. Талданған крекерлердің физика-химиялық сипаттамалары, тағамдық құндылығы және энергия мөлшері бойынша бағаланды. Барлық тәжірибелер үш қайталанымда (n=3) жүргізілді. Деректерді статистикалық өңдеу Microsoft Excel бағдарламасы арқылы орындалды: нәтижелер орташа мән ± стандартты ауытқу (M±SD) түрінде берілді. Топтар арасындағы айырмашылықтардың маңыздылығы бір факторлы дисперсиялық талдау (ANOVA) және Тьюки пост-хок критерийі арқылы бағаланды ($p \leq 0,05$ мәнділік деңгейінде). Кестелердегі бірдей

жоғарғы индекстер ([a], [b], [c], [d], [e]) топтар арасындағы статистикалық маңызды айырмашылықтың жоқтығын білдіреді.

Талдау үшін сынама алу нормативтік талаптарға сәйкес жүргізілді. Ұнның, өсімдік материалдарының және дайын өнімдердің сынамалары химиялық талдау үшін тамақ өнімдерін сынамалаудың бірыңғай ережелерін белгілейтін ГОСТ 34551-2019 стандартына сәйкес дайындалды. Шикізат пен дайын өнімнің сапасы мен қауіпсіздігін тексеру қолданыстағы мемлекеттік стандарттарда берілген ұсыныстарға сәйкес жүргізілді. Үлгілердегі ақуыз мөлшері жалпы азот титрлеуіне және алдын ала белгіленген коэффициентті пайдаланып ақуыз эквиваленттеріне түрлендіруге негізделген ГОСТ 31902-2019 әдістерін қолдана отырып анықталды. Талданатын материалдағы май мөлшері ГОСТ 31675-2012 стандартын қолдана отырып, органикалық еріткіштермен экстракциялау және гравиметриялық өлшеу арқылы анықталды. Алынған деректер әзірленген өнімнің тағамдық және энергетикалық құндылығын есептеу үшін пайдаланылды. Өнімдердің сенсорлық бағалауы 10 дегустаторлардан тұратын комиссия арқылы жүргізілді. Бағалау 5 балдық шкала бойынша мынадай көрсеткіштер бойынша жүргізілді: сыртқы түрі және беткі қабаты, ішкі құрылымы, консистенциясы және текстурасы, дәмі, иісі, сынғыштығы мен үгітілуі. Зерттеу бейтарап ортада стандартты жағдайларда өткізілді.

Көмірсулардың массалық үлесі калий перманганатының сулы ерітіндісімен тотықсыздандырғыш компоненттерді тотықсыздандыруға және титрлеуге негізделген перманганат әдісін қолдану арқылы анықталды. Көмірсулардың мөлшері ұнды, нантоқаш өнімдерін және өсімдік материалдарын талдау үшін қабылданған нормативтік нұсқауларды ескере отырып есептелді.

Минералды элементтердің-магнийдің, калийдің, кальцийдің және натрийдің мөлшері ГОСТ 32343-2013 бойынша анықталды. Процедура үлгілерді алдын ала минералдандыруды және аспаптық аналитикалық технологияларды қолдана отырып, металдарды кейіннен сандық анықтауды қамтыды.

Энергия құндылығы келесі формула бойынша есептелді:

$$(\text{ккал}) = (\text{Ақуыз} \times 4) + (\text{Май} \times 9) + (\text{Көмірсулар} \times 3{,}75),$$

ақуыз, май және көмірсулардың мәндері 100 г өнімге граммен көрсетілген. Бұл тәсіл әрбір макронутриенттің әзірленген крекерлердің жалпы энергия құндылығына қосқан үлесін анықтауға мүмкіндік берді.

Тәжірибелік зерттеу барысында бақылау үлгісі және бірқатар сынақ үлгілері жасалды. Сынақ үлгілерінде бидай ұны ішінара 10%, 15%, 20%, 25% және 30% деңгейлерінде жержаңғақ ұнымен ауыстырылды. 25% жержаңғақ ұны бар үлгілерге қатысты Undaria pinnatifida балдыр ұнтағын 1%-дан 5%-ға дейінгі концентрацияда қосуға қатысты вариациялар да ескерілді.

Кептірілген балдыр үлгілері зертханалық LZM-1M ұнтақтағышын пайдаланып ұнтақталды. Бұл құрылғы шикізатты жоғары сапалы механикалық өңдеуді қамтамасыз етіп, біркелкі дисперсті, ұсақ өлшемді фракцияларға қол жеткізді. Әрі қарай тазарту және бөлшектердің мөлшерін бөлу зертханалық жібек торларды пайдаланып жүргізілді, бұл қажетті сипаттамалары мен тұрақты құрылымы бар ұнтақтың түзілуін жеңілдетті.

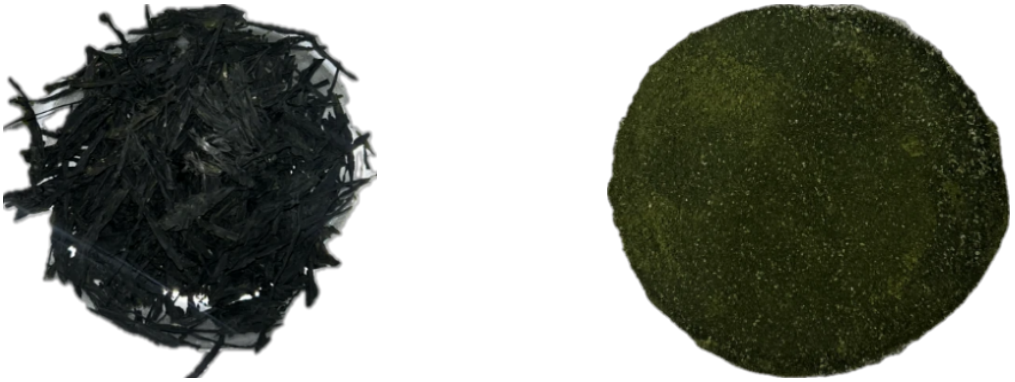
Елеу кезеңі соңғы ұнтақ өнімнің қасиеттерін жақсартудың кілті болды. Алынған ұнтақ формулаларда қолданар алдында құрғақ, тығыздалған жағдайда сақталды, бұл оның микробиологиялық және физика-химиялық тұрақтылығының сақталуын қамтамасыз етті.

Кептірілген және ұсақталған Undaria pinnatifida балдырларының сыртқы түрі мен құрылымдық айырмашылықтары 1-суретте көрсетілген.

Зерттеудің тәжірибелік бөлігі дәстүрлі технологияны қолдана отырып, бидай ұнын жержаңғақ ұнымен және Undaria pinnatifida балдыры ұнтағымен ішінара алмастыра отырып, крекер қамырын жасауды қамтыды. Бастапқыда барлық бастапқы материалдар дайындалып, көрсетілген рецепт бойынша дәл өлшенді. Құрғақ ингредиенттер - бидай және жержаңғақ ұндары, тұз, қант және қопсытқыш ұнтақ - қоспа біркелкі болғанша мұқият араластырылды. Содан кейін сары май және қажетті мөлшерде ауыз су қосылды, содан кейін қамыр біртекті, серпімді масса пайда болғанша 8-10 минут иленді. Илеу температурасы 22-25°C аралығында сақталды.

Иленген қамыр пісіп-жетілуі үшін бөлме температурасында 20-30 минутқа қалдырылды, бұл ішкі құрылымды тұрақтандыруға және сілтілік элементтер арасындағы реакцияларды белсендіруге көмектеседі. Осы уақыт ішінде материалдың серпімділігі төмендеді және оның консистенциясы одан әрі өңдеуге қолайлы бола бастады. Демалыс кезеңінен кейін қамыр шамамен 2-3 мм қалыңдыққа дейін жайыл-

ды, содан кейін арнайы престерді пайдаланып стандартты пішінді бөліктерге құйылды. Дайын болған бөліктер алдын ала қыздырылған пешке салынып, 180-200°C температурада 8-10 минут пісіріледі.



a *b*

1-сурет. a - кептірілген, b - ұнтақталған Undaria pinnatifida балдыры

Нәтижелер және талқылау. Бірінші тәжірибелік кезең жержаңғақ ұнының оңтайлы мөлшерін анықтау үшін жүргізілді. Рецептте бидай ұны жержаңғақ ұнымен 10%, 15%, 20%, 25% және 30% деңгейінде ауыстырылды.

Жержаңғақ ұнын қосудың крекерлердің физика-химиялық қасиеттеріне әсерін талдау бидай ұнының орнын басу көрсеткіштерінің артуымен олардың сипаттамаларында жүйелі өзгерістерді анықталғаны 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте. Жержаңғақ ұны қосылған крекердің физико-химиялық көрсеткіштері

Жержаңғақ ұны мөлшері, %	Ылғалдылық, %	Сілтілік, градус	Су сіңірімділік, %
Бақылау нұсқасы	7.3 ± 0.10^{a}	1.8 ± 0.05^{a}	128 ± 1.5^{a}
10 %	7.1 ± 0.10^{a}	1.9 ± 0.05^{ab}	132 ± 1.2^{b}
15 %	6.8 ± 0.08^{b}	2.0 ± 0.06^{b}	136 ± 1.5^{c}
20 %	6.5 ± 0.10^{c}	2.2 ± 0.05^{c}	139 ± 1.0^{c}
25 %	6.3 ± 0.08^{c}	2.3 ± 0.06^{c}	143 ± 1.4^{d}
30 %	6.0 ± 0.10^{d}	2.5 ± 0.05^{d}	147 ± 1.3^{e}

Жержаңғақ ұнының мөлшері артқан сайын ылғалдылық азаяды, нәтижесінде тығызырақ және сынғыш құрылым пайда болады. 25% жержаңғақ ұнын пайдалану 6,3% ылғалдылық деңгейіне әкеледі, бұл қытырлақ өнімдер үшін оңтайлы және сақтау мерзімін ұзартуға көмектеседі. Сілтіліктің 2,3 градусқа дейін аздап жоғарылауы да тіркелді, бұл қалыпты диапазонда қалады және соңғы өнімнің дәмі мен хош иісіне әсер етпейді.

Жержаңғақ ұнының мөлшерінің артуымен су сіңіру қабілетінің артуы айқын гидрофильділікті көрсететін ақуыздар мен тағамдық талшықтардың жоғары концентрациясына байланысты. 25% жержаңғақ ұны бар үлгі үшін бұл параметр 143%-ға жетеді, бұл крекерлердің сынғыштығы мен механикалық беріктігі арасында қолайлы тепе-теңдікті жасайды және қамырды өңдеудің қолайлы қасиеттерін қамтамасыз етеді. Алмастыру жылдамдығын 30%-ға дейін одан әрі арттыру су сіңірілуінің 147%-ға дейін артуына әкеледі, бұл құрылымдық тығыздықтың шамадан тыс артуына және өнімді қалыптау процесін қиындатуы мүмкін. Сондықтан, бидай ұнының 25%-ын жержаңғақ ұнымен алмастыру ең тиімді нұсқа болып табылады, бұл физика-химиялық қасиеттердің теңгерімді тепе-теңдігін қамтамасыз етеді және оны Undaria pinnatifida балдыры ұнтағына қатысты кейінгі зерттеулерде қолдануды негіздейді. Бұл деректер Suleman et al. (2023) жүргізген зерттеулермен сәйкес келеді, онда майсыздандырылған жержаңғақ ұнының 20-25% деңгейінде пайдаланылуы ақуыз бен талшық мөлшерін айтарлықтай арттыра отырып, органолептикалық сипаттамаларды сақтайтыны анықталды [11]. Жержаңғақ ұнының ақуыздарындағы амин қышқылдарының (аргинин,

лизин) жоғары концентрациясы гидратация кезінде қамырдың желімше матрицасымен физикалық байланыс құрайды, бұл су ұстау қасиетінің артуын және ылғалдылықтың төмендеуін объективті түрде түсіндіреді. 30%-ға дейін арттыру технологиялық тұрғыдан қолайсыз болуының себебі-жержаңғақ ұнының майлы фракциялары шамадан тыс жоғары концентрацияда бидай желімшесінің торлы желісін бұзады, бұл қамырдың созымдылығын нашарлатып, дайын өнімнің механикалық беріктігін төмендетеді.

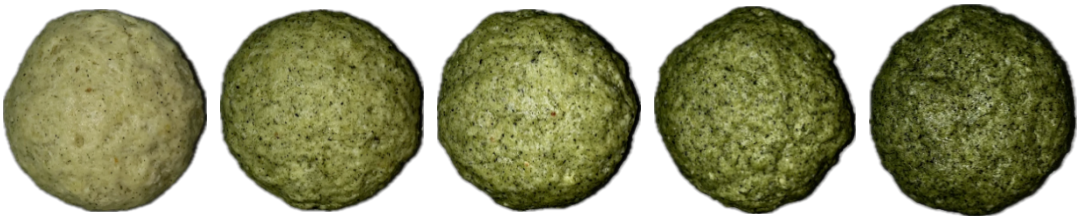
Жүргізілген органолептикалық бағалау нәтижелері (2-кестеде көрсетілген) жержаңғақ ұнының мөлшері крекердің сапалық көрсеткіштеріне тікелей әсер ететінін көрсетті. 25% қосылған үлгі ең жоғары орташа баллға (4.88) ие болып, барлық негізгі көрсеткіштер бойынша үйлесімді нәтижелер көрсетті: сыртқы түрі-біркелкі алтын-қоңыр, ішкі құрылымы-жұмсақ әрі біркелкі, консистенциясы-серпімді және оңай өңделетін. Сонымен қатар, бұл нұсқада дәмі мен иісі айқын, бірақ шамадан тыс емес, яғни жаңғақ компоненті өнімнің сенсорлық профилін тиімді байытады.

2-кесте. Жержаңғақ ұны қосылған крекердің органолептикалық көрсеткіштері

Көрсеткіш	Бақылау	10%	15%	20%	25%	30%
Сыртқы түрі және беткі қабаты	5.0	5.0	4.8	4.5	4.7	4.0
Ішкі құрылымы	5.0	4.9	4.7	4.2	4.8	3.5
Консистенциясы және текстурасы	4.8	4.7	4.5	4.0	4.9	3.0
Дәмі	4.5	4.7	4.8	4.9	5.0	4.2
Иісі	4.2	4.6	4.8	4.9	5.0	4.5
Сынғыштығы мен үгітілуі	4.5	4.8	4.4	4.2	4.9	3.2
Орташа балл	4.67	4.78	4.67	4.45	4.88	3.73

Ал жержаңғақ ұнының мөлшері 30%-ға дейін артқанда өнім сапасының төмендеуі байқалады: құрылымы шамадан тыс борпылдақ, сынғыштығы жоғары, дәмі мен иісі тым қарқынды болып, үйлесімділігі бұзылады. Бұл глютен құрылымының әлсіреуімен және май мөлшерінің артуымен түсіндіріледі. Осылайша, 25% жержаңғақ ұны қосылған рецептура органолептикалық, құрылымдық және технологиялық тұрғыдан ең оңтайлы нұсқа болып табылады.

Әрі қарай, Undaria pinnatifida балдырынан алынған ұнтақ зерттелді. Ол крекерлердің құрамына 1, 2, 3, 4 және 5% дозада қосылды, содан кейін бұл компоненттің дайын өнімнің негізгі қасиеттеріне әсері талданды (2-сурет).



a *b* *c* *d* *e*

2-сурет. Балдыр ұнтағы қосылған қамыр: a — 1% балдыр ұнтағы қосылған үлгі, b — 2% балдыр ұнтағы қосылған үлгі, c — 3% балдыр ұнтағы қосылған үлгі, d — 4% балдыр ұнтағы қосылған үлгі, e — 5% балдыр ұнтағы қосылған үлгі

Undaria pinnatifida балдыры ұнтағы бар тәжірибелік крекер қамырының үлгілерінің сыртқы түрін бағалау ингредиент концентрациясының жоғарылауы өнімнің түсі мен құрылымына айтарлықтай әсер ететінін көрсетті. 1-2% ұнтақ деңгейінде орташа түс, біркелкі реңк және тұрақты бет байқалады, бұл балдыр компонентінің негізгі қамыр массасымен жоғары үйлесімділігін көрсетеді. Мөлшерлемені 3-4%-ға дейін арттыру айқын жасыл-зәйтүн реңкіне және айтарлықтай қараюға әкеледі, бірақ құрылымдық сипаттамалары тұрақты болып қалады және технологиялық талаптарға сәйкес келеді. 5% ұнтақ бар үлгілерде түс терең қанықкан болады, ал беті біркелкілігін жоғалтады, бұл тұтынушылардың теріс реак-

циясын тудыруы және балдыр компонентін шамадан тыс пайдалануды көрсетуі мүмкін. Эстетикалық сипаттамаларды және тұтынушылардың қабылдауын ескере отырып, ұнтақтың оңтайлы деңгейі 2-4% құрайды, бұл визуалды тартымдылық пен өнімнің тұрақты құрылымы арасындағы тепе-теңдікті қамтамасыз етеді.



a *b* *c* *d* *e*

3-сурет. Балдыр ұнтағы қосылған крекерлер: a — 1% балдыр ұнтағы қосылған үлгі, b — 2% балдыр ұнтағы қосылған үлгі, c — 3% балдыр ұнтағы қосылған үлгі, d — 4% балдыр ұнтағы қосылған үлгі, e — 5% балдыр ұнтағы қосылған үлгі

3-кесте. 25 % жержаңғақ ұны және 1, 2, 3, 4, 5 % мөлшерде Undaria pinnatifida балдырынан алынған ұнтақ қосылған крекердің органолептикалық көрсеткіштері

Көрсеткіш	Бақылау нұсқасы	25% + 1%	25% + 2%	25% + 3%	25% + 4%	25% + 5%
Сыртқы түрі және беткі қабаты	4.8	4.8	4.5	4.3	4.2	3.8
Ішкі құрылымы	4.8	4.7	4.6	4.4	4.5	3.5
Консистенциясы және текстурасы	4.9	4.8	4.7	4.6	4.8	3.0
Дәмі	5.0	4.7	4.8	4.9	5.0	4.0
Иісі	5.0	4.5	4.7	4.8	5.0	4.2
Сынғыштығы мен үгітілуі	4.9	4.8	4.6	4.5	4.9	3.2
Орташа балл	4.90	4.72	4.65	4.58	4.73	3.62

Undaria pinnatifida балдыры ұнтағы бар дайын крекерлердің органолептикалық зерттеуі (3-сурет) бұл ингредиенттің үлесін арттыру өнімнің сыртқы түрі мен құрылымына айтарлықтай әсер ететінін 3-кестеде көрсетті. 1-ден 2% -ға дейінгі ұнтақ бар үлгілер бозғылт реңкке ие және функционалды элементті нашар көрнекі түрде таниды, бұл оларды классикалық крекерлерге қарағанда аз ажыратады. 3% ұнтақты пайдалану біркелкі жасыл реңк береді, ал өнімнің пішіні өзгеріссіз қалады және құрылымы қытырлақ болып қалады. 25% жержаңғақ ұны және 4% Undaria pinnatifida ұнтағы бар үлгілер ең айқын органолептикалық сипаттамаларды көрсетеді: бұл крекерлер нәзік жасыл-зәйтүн жылтырына, дәл геометриялық пішініне және шамадан тыс кебу немесе пішіннің бұрмалану белгілері жоқ үздіксіз, біркелкі бетіне ие. Балдыр ұнтағының концентрациясын 5%-ға дейін арттыру тым қарқынды түске және көрнекі түрде тығыз құрылымға әкеледі, бұл тұтынушыларда теріс реакция тудыруы мүмкін. Сондықтан, 25% жержаңғақ ұны мен 4% Undaria pinnatifida ұнтағының үйлесімі сыртқы түрі, құрылымдық қасиеттері және функционалдық қасиеттері арасындағы тепе-теңдікті қамтамасыз ететін ең қолайлы болып көрінеді. Бұл нәтиже Rayan et al. (2024) балдыр ұнтағының крекерлердегі оңтайлы концентрациясы 3-5% аралығында болатыны туралы деректерімен сәйкес келеді [7]. Wilkin et al. (2021) вакаме қосылған модельдік өнімдерде 4% концентрация сенсорлық қабылдауға жағымсыз әсер етпей, крахмалдың ыдырауын тиімді тежейтінін көрсетті [6]. 4% мөлшерді таңдаудың механистикалық негізі мынада: Undaria pinnatifida-дағы фукоидандар мен альгин қышқылы крахмал гранулаларын қоршап, олардың ферментермен ыдырауын баяулатады. 5%-дан жоғары деңгейлерде балдыр полисахаридтерінің шамадан тыс концентрациясы су ұстау қасиетінің бақылаусыз артуына және беттің кедір-бұдырлануына әкеледі, бұл органолептикалық бағалауды төмендетеді.

4-кесте. Крекерлердегі ақуыздың, майдың және көмірсулардың массалық үлесі

Өнім	Ақуыздың массалық үлесі, %	Майдың массалық үлесі, %	Көмірсулардың массалық үлесі, %
Бақылау үлгісі	9.49±0.07[a]	11.54±0.05[a]	73.50±0.78[a]
25% жержаңғақ ұны қосылған крекер	11.24±0.11[b]	16.38±0.06[b]	68.06±0.51[b]
25% жержаңғақ ұны және 4% Undaria pinnatifida балдыры қосылған крекер	11.52±0.10[c]	17.98±0.03[c]	57.73±0.39[c]

4-кестедегі деректерді салыстырмалы талдау жержаңғақ ұны мен Undaria pinnatifida балдыры ұнтағының крекерлердің химиялық профиліне айтарлықтай әсерін көрсетеді. 25% жержаңғақ ұнын қосу ақуыз мөлшерінің 9,49%-дан 11,24%-ға дейін, ал май мөлшерінің 11,64%-дан 16,38%-ға дейін артуына әкелді, бұл жержаңғақтағы ақуыз-липидті құрылымдардың жоғары концентрациясына байланысты. Көмірсу мөлшері 68,06%-ға дейін төмендеді, бұл негізгі макронутриенттердің қайта бөлінуін және дайын өнімнің биологиялық құндылығының артуын көрсетеді. Кейіннен 4% Undaria pinnatifida балдыры ұнтағын қосқанда, ақуыз деңгейі 11.52%-ға, май-17.98%-ға жетті, ал көмірсу мөлшері 57.73%-ға дейін төмендеді. Алынған нәтижелер өнімнің ақуызмай бағытын күшейтуге айқын үрдісті көрсетеді, сондай-ақ балдыр ингредиентінің көмірсу фазасын ішінара алмастырып, крекерлердің жалпы функционалдық тиімділігін арттыра отырып, күшейткіш қызметін атқару қабілетін растайды.

Бақылау үлгісі үшін энергия құндылығы:

$$(9{,}49 \times 4) + (11{,}64 \times 9) + (73{,}50 \times 3{,}75) = 38{,}0 + 104{,}8 + 275{,}6 = 418{,}4 \text{ ккал/100 г.}$$

25% жержаңғақ ұны бар крекер үшін энергия құндылығы:

$$(11{,}24 \times 4) + (16{,}38 \times 9) + (68{,}06 \times 3{,}75) = 45{,}0 + 147{,}4 + 255{,}2 = 447{,}6 \text{ ккал/100 г.}$$

25% жержаңғақ ұны және 4% Undaria pinnatifida қосылған крекердің энергия құндылығы:

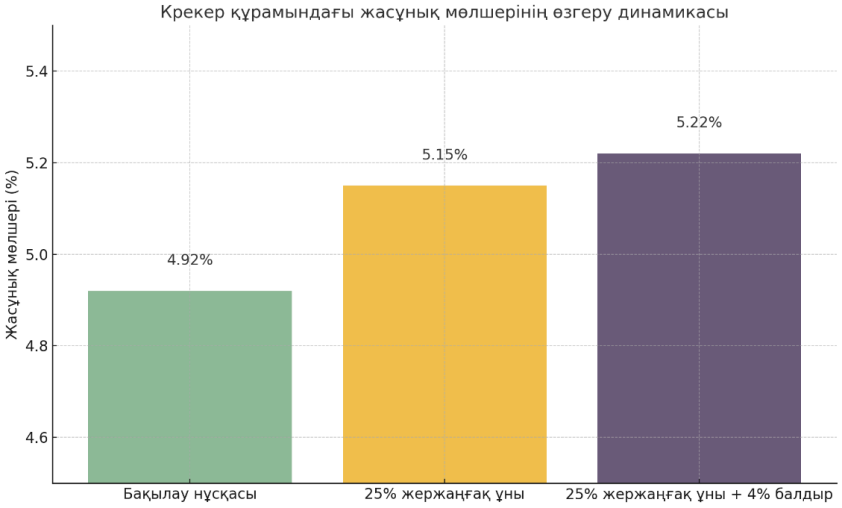
$$(11.52 \times 4) + (17.98 \times 9) + (57.73 \times 3.75) = 46.1 + 161.8 + 216.5 = 424.4 \text{ ккал/100 г.}$$

Осылайша, 25% жержаңғақ ұны және 4% Undaria pinnatifida ұнтағы бар оңтайлы үлгі тек жержаңғақ ұны бар үлгімен салыстырғанда ақуыз бен майдың жоғары мөлшерімен және орташа энергия құндылығымен сипатталады. Бақылаумен (418.4 ккал/100 г) салыстырғанда оңтайлы үлгінің энергия құндылығы (424.4 ккал/100 г) тек 1.4%-ға жоғары-бұл калориялық жүктемені айтарлықтай арттырмай тағамдық тығыздықты арттыратынын дәлелдейді. Маңыздысы-ақуыздың жалпы энергияға қосқан үлесі бақылауда 9.1% болса, оңтайлы үлгіде 10.9%-ға дейін өсті, ал жоғары гликемиялық индексті көмірсулардың үлесі 65.9%-дан 51.0%-ға дейін азайды.Бұл өзгерістер өнімді «тағамдық құндылығы жоғары» деп жіктеуге негіз береді, себебі Codex Alimentarius (CAC/GL 23-1997) ұсыныстарына сәйкес функционалды өнімдер ретінде жіктеу үшін өнімнің физиологиялық белсенді компоненттері бақылаумен салыстырғанда айтарлықтай жоғары болуы тиіс-бұл шарт орындалды (ақуыз +21.4%, талшық +6.1%, Mg +46.9%, K +55.5%).

Бұл жақсартылған қоректік құрамы мен теңгерімді калория мөлшері бар функционалды өнімді өндіру үшін осы құрамды пайдаланудың орындылығын растайды.

Крекер үлгілеріндегі талшық мөлшерін салыстырмалы талдау (4-сурет) жержаңғақ ұны мен Undaria pinnatifida балдыры ұнтағын қосу бақылаумен салыстырғанда бұл параметрдің біртіндеп артуына әкелетінін көрсетті. Бақылау үлгісінде талшық деңгейі 4,92% болды, ал 25% жержаңғақ ұнын қосу бұл көрсеткішті 5,15%-ға дейін арттырды - бұл өсім жержаңғақ ұнындағы тағамдық талшыққа байланысты. Үлгіде талшықтың максималды мәні-5,22%-25% жержаңғақ ұны мен 4% Undaria pinnatifida ұнтағын бір мезгілде қосқанда тіркелді, бұл қоңыр балдырдағы құрылымдық полисахаридтер мен еритін талшықтың бай құрамымен түсіндіріледі.

Бұл деректер Undaria pinnatifida ұнтағын крекер өндірісінде қолданудың орындылығын растайды, себебі талшық деңгейінің жоғарылауы олардың физиологиялық пайдасын арттырады және жаңа өнімді тағамдық құндылығы жоғары функционалды деп жіктеуге мүмкіндік береді.



4-сурет. Крекерлердегі тағамдық талшық мөлшері, %

5-кесте. Жержаңғақ ұны мен Undaria pinnatifida балдырларының крекерлердің минералды құрамына әсері

Өнім	Минералды элементтер:				
	Mg, мг/100 г	K, мг/100 г	Ca, мг/100 г	Na, мг/100 г	I, мг/100 г
Бақылау үлгісі	68.31±0.89[a]	238.25±3.57[a]	96.48±1.25[a]	769.28±11.54[a]	Табылған жоқ
25% жержаңғақ ұны қосылған крекер	96.73±1.26[b]	343.00±4.46[b]	91.30±1.01[b]	580.81±7.55[b]	Табылған жоқ
25% жержаңғақ ұны және 4% Undaria Pinnatifida балдырлары қосылған крекер	100.36±1.06[c]	370.45±4.08[c]	93.70±1.22[b]	601.77±6.19[c]	Табылған жоқ

Крекерлердің минералды құрамының салыстырмалы талдауы (5-кесте) жержаңғақ ұны мен Undaria pinnatifida балдыр ұнтағын пайдаланудан айқын байыту әсерін көрсетеді. 25% жержаңғақ ұнын қосу жержаңғақ фракциясындағы жоғары концентрациясына байланысты магний мен калий деңгейін айтарлықтай арттырады. Дегенмен, кальций мен натрий мөлшерінің аздап төмендеуі байқалады, бұл өнім құрылымындағы компоненттердің қайта бөлінуіне және ингредиент балансының өзгеруіне байланысты болуы мүмкін.

Қазірдің өзінде 25% жержаңғақ ұнына қосымша 4% Undaria pinnatifida балдыр ұнтағын қосу магний мен калий концентрациясын арттырады, бұл балдыр ингредиентінің байыту әсерін растайды. Кальций деңгейі іс жүзінде өзгеріссіз қалады, ал натрий деңгейі балдырсыз үлгілермен салыстырғанда артады, бірақ бақылаудағыдан төмен болып қалады, бұл жалпы натрий деңгейінің төмендеуіне оң әсер етеді. Талдау кезінде йод анықталмады. Бұл нәтиже ғылыми әдебиеттермен сәйкес келеді: Lee et al. (2025) балдырдағы йодтың 180-200°C температурада термиялық өңдеу кезінде айтарлықтай ыдырайтынын және дайын пісірілген өнімдерде іс жүзінде анықталмайтынын дәлелдеді [5]. Осылайша, крекерлерді 180-200°C температурада 8-0 минут пісіру йодтың толықтай немесе іс жүзінде толықтай жойылуына әкеледі. Біріктірілген деректер йодтың шамадан тыс жиналуынсыз немесе органолептикалық сипаттамаларының нашарлауынсыз өнімдердің минералды құрамын арттыру үшін 25% жержаңғақ ұны мен 4% Undaria pinnatifida ұнтағының қоспасын пайдаланудың орындылығын көрсетеді.

Қорытынды. Зерттеу бидай ұнын жержаңғақ ұнымен ішінара ауыстыру және Undaria pinnatifida қоңыр балдыр ұнтағын пайдалану крекерлердің сапасы мен тағамдық құндылығына кешенді оң әсер ететінін дәлелдеді.

Негізгі қорытындылар мыналар:

1. Бидай ұнының 25%-ын жержаңғақ ұнымен алмастыру физика-химиялық (ылғалдылық 7.3%-дан 6.3%-ға дейін төмендеді, су сіңіру 128%-дан 143%-ға дейін өсті), тағамдық (ақуыз 9.49%-дан 11.24%-ға, май 11.54%-дан 16.38%-ға өсті) және

органолептикалық (тұрақты қытырлақ құрылым) параметрлер бойынша оңтайлы нәтиже береді.

2. 4% Undaria pinnatifida ұнтағын қосу минералды байытуды қамтамасыз етеді (Mg +46.9%, K +55.5% бақылаумен салыстырғанда), тағамдық талшықты арттырады (4.92%-дан 5.22%-ға дейін) және өнімнің жасыл-зәйтүн реңкі мен тұрақты пішінімен қолайлы органолептикалық сипаттамаларын сақтайды.
3. Оңтайлы үлгінің энергия құндылығы (424.4 ккал/100 г) бақылаумен (418.4 ккал/100 г) салыстырғанда шамалы ғана жоғарылаған, алайда ақуыздың энергияға үлесі 9.1%-дан 10.9%-ға өсіп, көмірсулардың үлесі 65.9%-дан 51.0%-ға азайды - бұл теңгерімді тағамдық профильді растайды.
4. Алынған крекерлер «тағамдық құндылығы жоғары функционалды өнім» деп жіктеледі, себебі оларда ақуыз, талшық, магний мен калий мөлшері бақылаумен салыстырғанда айтарлықтай жоғары. Өндірістік ендіруде 180-200°C температурада 8-10 минут пісіру режимін және герметикалық қаптамада 0-25°C температурада сақтауды ұсынамыз. Болашақта ұзақ сақтаудағы тұрақтылықты (shelf-life), сондай-ақ гликемиялық индекс пен биожетімділікті зерттеу мақсатқа сай болар еді.

Эксперименттік зерттеулер бидай ұнын алмастырудың оңтайлы деңгейі 25% жержаңғақ ұны екенін көрсетті. Бұл қатынас ылғалдың айтарлықтай төмендеуіне әкеледі, судың сақталуын арттырады және қышқылдықтың қолайлы деңгейін сақтайды, қытырлақ құрылым мен ұзақ сақтау мерзіміне жағдай жасайды. Рецептке 4% Undaria pinnatifida ұнтағын қосу ең тиімді болып табылды. Бұл мөлшер дайын өнімнің біркелкі түсі мен біртекті құрылымын қамтамасыз етеді және тұтынушыларда жағымсыз реакциялар тудырмай, оның пайдалы қасиеттерін жақсартады.

References

1. Quitral V.,Marcela Sepulveda Miss MSc, et al. Seaweeds in bakery and farinaceous foods: A mini-review//International Journal of Gastronomy and Food Science.-2021.-Vol.28:100403. DOI 10.1016/j.ijgfs.2021.100403.
2. Wang L.,Young-Jin Park, et al. Bioactivities of the edible brown seaweed, Undaria pinnatifida: areview// Aquaculture. −2018.-Vol.495.- P.873-880. DOI 10.1016/j.aquaculture.2018.06.079.
3. Phull A.R.,et al.Undaria pinnatifida a rich marine reservoir of nutritional and pharmacological potential: Insights into growth signaling and apoptosis mechanisms in cancer//Nutrition and Cancer.-2018 Vol.70(6).-P. 956-970. DOI 10.1080/01635581.2018.1490449.
4. Cheong K.-L., et al. Therapeutic Prospects of Undaria pinnatifida Polysaccharides: Extraction, Purification, and Functional Activity// Marine Drugs. −2025.-Vol.23(4):163. DOI 10.3390/md23040163.
5. Lee Y.M., et al. Analysis and risk assessment of total iodine content in edible seaweeds in South Korea// Food.-2025.-Vol.14(16):2865. DOI 10.3390/foods14162865.
6. Wilkin J.D., Katrina Ross, et al. Optimisation of Concentration of Undaria pinnarifida (Wakame) and Himathalia elongate (Sea Spaghetti) Varieties to Effect Digestibility, Texture and Consumer Attribute Preference// Journal of Aquatic Food Product Technology.-2021.-Vol. 30(8).-P. 932-943. DOI 10.1080/10498850.2021.1958114.
7. Rayan A., et al. Physicochemical characterization and microbiological quality evaluation of Gracilaria tenuistipitata added crackers// Applied Food Research.-2024.-Vol.4(2):100623. DOI 10.1016/j.afres.2024.100623.
8. Ledbetter M.,Ratrina Ross, et al. Effect of Pre-Processing Treatment and Concentration of Alaria esculenta, Saccharina latissima, and Laminaria digitata Varieties on Texture and Consumer Attribute Preference of Crackers// Food Science & Nutrition. 2025.-Vol.13(1):e4710. DOI 10.1002/fsn3.4710.
9. Yang C., Carinna D., et al. Anti-Inflammatory and Neuroprotective Effects of Undaria pinnatifida Fucoidan// Marine Drugs. −2025. Vol.23(9):350. DOI 10.3390/md23090350.
10. Bisson G., et al. Development of gluten-containing and gluten-free crackers based on cereal and legume flours: physicochemical, nutritional, and sensory characteristics//Applied Food Research. 2025.-Vol.5(2):101403. DOI 10.1016/j.afres.2025.101403.

11. Suleman D., Bashir S., et al. Nutritional and functional properties of cookies fortified with defatted peanut cake flour//Cogent Food & Agriculture. −2023.-Vol.9(1). DOI 10.1080/23311932.2023.2238408.
12. Templonuevo R.M., et al. Bioactive Compounds of Sea Mustard (Undaria pinnatifida) Waste Affected by Drying Methods// Foods. 2024.-Vol.13(23):3815. DOI 10.3390/foods13233815.
13. Alim M.A., Abedin Md.Z, et al. Development and characterization of composite wheat flour incorporated with psyllium husk (Plantago ovata) and peanut (Arachis hypogea) and sensory properties of composite flour noodles//Food Humanities.-2024.-Vol.2:100279. DOI 10.1016/j.foohum.2024.100279.
14. Lorenzo-Lopez C., Fraga-Corral V., et al. Fucoxanthin's Optimization from Undaria pinnatifida Using Conventional Heat Extraction, Bioactivity Assays and in Silico Studies// Antioxidants. −2022.-Vol.11(7): 1296. DOI 10.3390/antiox11071296.

Авторлар туралы мәліметтер

Мулдабекова Б.Ж. - техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: bayan_1004@mail.ru;

Якияева М.А. - PhD, қауымдастырылған профессор, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: yamadina88@mail.ru;

Турсунбаева Ш.А. - PhD, қауымдастырылған профессордың м.а.,«Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: sh.tursunbaeva@bk.ru;

Султанкул М.Б. - магистр, PhD-докторанты, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: m.sultankul@bk.ru.

Information about authors

Muldabekova B.Zh. - Candidat of Technical Sciences, Professor, JSC "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: bayan_1004@mail.ru;

Yakiyayeva M.A. - PhD, Associate Professor, JSC "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: yamadina88@mail.ru;

Tursunbayeva Sh.A. - Ph.D, Acting. Associate Professor, JSC "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: sh.tursunbaeva@bk.ru;

Sultankul M.B. - Master, PhD st udent, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m.sultankul@bk.ru.