https://doi.org/10.58805/fs.V.1(32)-20

СҮЗБЕ ӨНІМІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ҚЫЗЫЛША КРИОҰНТАҒЫ МЕН КІЛЕГЕЙ МӨЛШЕРІНІҢ ӘСЕРІ

Н.Е. Альжаксина✉, **М.С. Мантай**, **И.Е. Аубакирова**

[1] *ЖШС «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты», Астана, Қазақстан*
✉ *Корреспондент-автор: alzhaxina@inbox.ru*

Жұмыста қызылша криоұнтағы мен кілегей мөлшерінің сүзбе өнімінің физика-химиялық көрсеткіштеріне әсері зерттелді. Зерттеудің негізгі мақсаты - табиғи өсімдік қоспаларын енгізу арқылы тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары функционалды сүт өнімдерінің ассортиментін кеңейту.

Қызылша криоұнтағы өнімді беталаиндермен, тағамдық талшықтармен, минералды заттармен және антиоксиданттармен байытып қана қоймай, оның құрылымдық-механикалық қасиеттерін өзгертуге мүмкіндік береді. Тәжірибе нәтижесінде қызылша криоұнтағы мен кілегей мөлшері жоғарылаған кезде тұтқырлықтың 1445-тен 1995 мПа·с-қа дейін артқаны байқалды. Сонымен қатар құрғақ заттар мөлшері 15,2-ден 17,2%-ға дейін өсті.

Криоұнтақ мөлшерінің артуы pH мәнінің төмендеуіне әсер етсе, кілегей мөлшерінің жоғарылауы pH мәнінің керісінше өсуімен байланысты болды. Тұтқырлық пен құрғақ заттар мөлшері арасында өте күшті оң корреляциялық байланыс анықталды ($r = 0,992$; $p < 0,001$).

Тұтқырлыққа арналған регрессиялық модельдің мәні ($R^2 = 0,9602$; $p = 0,0260$). Құрғақ заттардың мөлшері ($R^2 = 0,9891$; $p = 0,0038$) және pH көрсеткіші ($R^2 = 0,9999$; $p < 0,001$) үшін құрылған модельдер көрсеткіштер вариациясының едәуір бөлігін түсіндіреді және статистикалық тұрғыдан маңызды болып табылады.

Зерттелген диапазонда факторлардың квадраттық әсерлері мен олардың өзара әрекеттесуі статистикалық тұрғыдан маңызды болмады, бұл көрсеткіштердің өзгеруінде факторлардың негізгі (сызықтық) әсерінің басым екенін дәлелдейді. Сарысу бөлінуі бойынша алынған модель статистикалық тұрғыдан маңызды деңгейге жетпеді $p = 0,0811$.

Жалпы, зерттеу нәтижелері қызылша криоұнтағы мен кілегей мөлшерін өзгерту арқылы сүзбе өнімінің физика-химиялық қасиеттерін реттеуге болатынын көрсетті.

Түйін сөздер: сүзбе өнімі, қызылша криоұнтағы, кілегей, тұтқырлық, корреляциялық талдау, регрессиялық талдау, физика-химиялық көрсеткіштер

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КРИОПОРОШКА СВЕКЛЫ И СЛИВОК НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА

Н.Е. Альжаксина✉, **М.С. Мантай**, **И.Е. Аубакирова**

[1] *ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Астана, Казахстан*
e-mail:alzhaxina@inbox.ru

В рамках исследования изучено влияние содержания криопорошка свеклы и сливок на физико-химические показатели творожного продукта в целях расширения ассортимента функциональных молочных продуктов повышенной пищевой и биологической ценности за счет использования натуральных растительных добавок.

В качестве натурального функционального ингредиента - криопорошок свеклы обогащает продукт беталаинами, пищевыми волокнами, минеральными компонентами и антиоксидантами, а также позволяет регулировать его структурно-механические свойства. Установлено, что повышение доли криопорошка свеклы и сливок способствует увеличению вязкости с 1445 до 1995 мПа·с, а также росту содержания сухих веществ с 15,2 до 17,2 %.

Содержание криопорошка статистически значимо снижает уровень pH, в то время как добавление сливок приводит к его повышению. Наиболее положительная корреляция выявлена между вязкостью и содержанием сухих веществ (r = 0,992; p < 0,001).

Регрессионная модель для вязкости имеет значение (R^2 = 0,9602; p = 0,0260). Модели для содержания сухих веществ (R^2 = 0,9891; p = 0,0038) и pH (R^2 = 0,9999; p < 0,001) объясняют значительную часть вариации показателей и являются статистически значимыми.

Квадратичные эффекты и взаимодействие между факторами в рассматриваемом диапазоне не достигли статистической значимости, что свидетельствует о линейном характере их влияния. Модель сывороотделения составила p = 0,0811.

Полученные результаты показывают, что подбор оптимального количества криопорошка свеклы и сливок позволяет регулировать и улучшать физико-химические свойства творожного продукта функционального назначения.

Ключевые слова: творожный продукт, криопорошок свеклы, сливки, вязкость, корреляционный анализ, регрессионный анализ, физико-химические показатели

THE EFFECT OF BEET CRYOPOWDER AND CREAM CONTENT ON THE PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF A CURD PRODUCT

N. Alzhaxina[✉], **M. Mantay**, **I. Aubakirova**

[1] *«Kazakh research institute of processing and food industry» LTD, Astana, Kazakhstan*
e-mail: alzhaxina@inbox.ru

This work looked at how beet cryopowder and cream content affect the physicochemical properties of a curd product, with the broader aim of expanding the range of functional dairy products with higher nutritional and biological value through natural plant-based additives.

Beet cryopowder serves as a natural functional ingredient here - it enriches the product with betalains, dietary fiber, minerals and antioxidants, while also allowing its structural and mechanical properties to be adjusted. As the proportion of cryopowder and cream increased, viscosity rose from 1445 to 1995 mPa·s, and dry matter content climbed from 15.2% to 17.2%.

Cryopowder content had a statistically significant negative effect on pH, whereas cream pushed it in the opposite direction. The strongest correlation observed was between viscosity and dry matter content (r = 0.992; p < 0.001).

The regression model for viscosity had (R^2 = 0,9602; p = 0,0260). The models for total solids content (R^2 = 0.9891; p = 0.0038) and pH (R^2 = 0.9999; p < 0.001) explain a substantial proportion of the variation in the respective parameters and are statistically significant.

Quadratic effects and interactions between factors weren't significant within the range studied, pointing to a mainly linear relationship. The whey separation model, on the other hand, fell short of significance (p = 0.0811).

Overall, the findings suggest that adjusting the amount of beet cryopowder and cream added is a workable way to fine-tune the physicochemical properties of a functional curd product.

Keywords: curd product, beet cryopowder, cream, viscosity, correlation analysis, regression analysis, physicochemical parameters

Кіріспе. Функционалды сүт өнімдерін жасау мәселесі соңғы жылдары тағам ғылымында ерекше орын алып келеді. Мұның себебі қарапайым тұтынушы енді тек қана дәмді емес, сонымен қатар пайдалы өнім іздейді. Өндірушілер үшін бұл ассортиментті кеңейтудің де, өнімнің биологиялық құндылығын арттырудың да жолы болып отыр [1].

Осы орайда сүзбе ерекше маңызды орын алады. Ол сүт ақуызының, кальций мен фосфордың дәстүрлі көзі болып табылады. Бірақ оның рецептурасын жаңа компоненттермен байыту мүмкіндігі көп жағдайда назардан тыс қалады. Өсімдік текті қоспалар - талшықтар, дәрумендер, минералды заттар, табиғи пигменттер дәл осы бағытта аса маңызды [2, 3].

Соңғы онжылдықта өсімдік ұнтақтары мен криоұнтақтарын сүт өнімдеріне қосу тәжірибесі айтарлықтай дамып келеді. Мысалы, майсыздандырылған сүт өнімдеріне көкөніс ұнтақтарын қосу арқылы олардың антиоксиданттық белсенділігі мен органолептикалық сипаттарын жақсартуға болатыны анықталған [4]. Сәбіз ұнтағы да көп зерттелген компоненттердің бірі ол пробиотикалық ірімшіктің антиоксиданттық және антимикробтық қасиетін күшейтеді [5], каротиноидтармен байытылған сүт өнімдерінде ұқсас нәтиже береді [6]. Ал сүзбе болса йогуртта антиоксиданттық белсенділікті арттыратыны бірнеше жұмыстарда дәлелденген [7]. Асқабақ ұнтағы [8] мен сәбіздің еритін талшықтары [9] йогурттың құрылымы мен реологиясын реттеуде қолданылған. Өсімдік сығындыларын қолдданған бірқатар зерттеу жұмыстарында полифенолдық әлеуеттің артатыны және сенсорлық сапаның айтарлықтай төмендейтіні туралы осыған ұқсас тұжырымдар кездеседі [10].

Қазіргі уақытта сәбізбен қатар қызылша да қызығушылық тудыратын және пайдасы мол шикізат болып табылады. Оның құрамындағы беталаиндар мен фенол қосылыстары өнімге түс те, биологиялық белсенділік те бере алады [11]. Йогуртқа қызылша сиропын қосу оның физика-химиялық және сенсорлық сипаттарына оң әсер етеді [12]. Ал криоұнтақтар түрінде қызылшаны сүзбе өніміне қосу мәселелері толық ашылмаған. Оның дайын өнімнің құрылымдық-механикалық қасиеттеріне тигізетін әсері әлі күнге дейін толық зерттелмеген.

Ерекше қызығушылық тудыратын зерттеулерге әртүрлі май құрамы бар сүзбе десерттерінің технологиясын «Қызылша» криоұнтағын пайдалана отырып әзірлеуге арналған жұмыстар жатады. Өнімнің энергетикалық құндылығының артуы және аминқышқылдық құрамының жақсаруы - жалпы аминқышқылдар санының 1,73 %-ға, алмастырылмайтындардың 1,16 %-ға және алмастырылатындардың 2,17 %-ға өсуі анықталды. Алынған нәтижелер қызылша криоұнтағының сүзбе өнімдері үшін функционалды ингредиент ретіндегі перспективалылығын растайды [13]. Hachak Y. et al. нәтижелерімен салыстыру қызылша криоұнтағының сүзбе өнімдерінің сапасына оң әсері туралы қорытындылардың үйлесімділігін көрсетеді. Олардың жұмысында негізгі назар органолептикаға, энергетикалық құндылыққа және аминқышқылдық құрамға аударылған, ал осы зерттеуде криоұнтақ пен кілегейдің тұтқырлыққа, құрғақ заттарға, pH-қа және сарысу бөлінуіне әсері сандық түрде сипатталған. Екі зерттеу де қызылша криоұнтағының функционалды сүзбе өнімдерін жасау үшін болашағы бар екенін растайды.

Сүзбе өнімінің тұтқырлық, қышқылдық, құрғақ заттардың мөлшері және сарысудың бөлінуіне төзімділік сияқты негізгі көрсеткіштері рецептура құрамына, атап айтқанда қызылша криоұнтағы мен кілегей мөлшеріне тікелей байланысты. Мұндай тәуелділікті анықтау үшін статистикалық талдау қажет болады.

Ал сүт өнеркәсібінде бұған көбіне корреляциялық-регрессиялық талдау және жауап беру бетінің әдіснамасы (RSM) сияқты әдістер қолданылады. Себебі бұл әдістер факторлардың сызықтық, квадраттық әсерін және өзара әрекеттесуін ескереді. Мысалы, бадам камедиясы қосылған жұмсақ ірімшікті зерттеуде осы әдіс арқылы құрғақ заттар мен текстураға технологиялық факторлардың әсерін сипаттайтын модельдер алынған [14]. Ал йогурт рецептурасын Бокс-Бенкен әдісімен оңтайландыру pH мен синерезис арасындағы байланысты ашуға мүмкіндік берген [15 ⚠].

Бұл мысалдар корреляциялық-регрессиялық талдаудың сүт өнімдерінің құрамы мен қасиеттерін байланыстырады.

Соған қарамастан, қызылша криоұнтағы мен кілегейдің сүзбе өнімінің физика-химиялық көрсеткіштеріне бірлескен әсерін сандық бағалайтын жұмыстар әдебиеттерде сирек кездеседі. Әсіресе тұтқырлық, құрғақ заттар, pH мен сарысу бөлінуін кешенді қамтитын зерттеулер мүлдем кездеспейді деуге болады. Осындай мәселелерді ескере отырып, жұмыстың мақсаты қызылша криоұнтағы мен кілегей мөлшерінің аталған көрсеткіштерге әсерін зерттеп, оны сипаттайтын статистикалық модельдер жасау болды.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу объектісі ретінде қызылша криоұнтағы қосылған сүзбе өнімі алынды. Барлық тәжірибелер «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты» ЖШС зертханасында орындалды. Өнімді дайындауда негізгі рецептуралық құрамдас ретінде майсыздандырылған сүзбе, қызылша криоұнтағы және кілегей пайдаланылды (1-сурет).

Қызылша криоұнтағы - сублимацияланған шикізатты криогенді ұнтақтау арқылы алынған жұқа дисперсті өнім. Криоұнтақтың негізгі сипаттамалары: ылғалдың массалық үлесі - 5,0-7,2 %; ақуыздар мөлшері - 7,7 %; майлар - 0,9 %; көмірсулар - 54,6 %; тағамдық талшықтар (клетчатка) - 23,0 %; күл

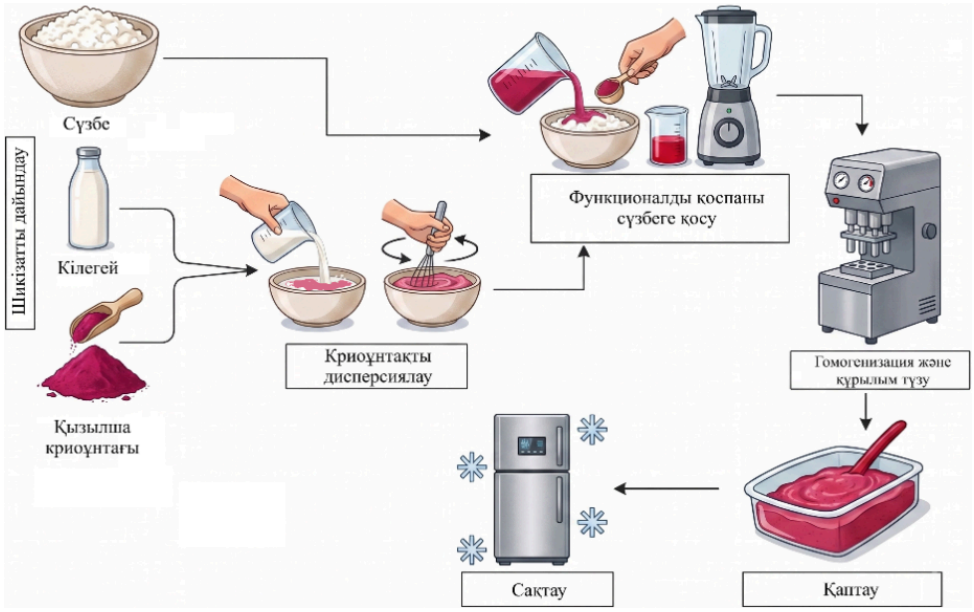
6,6 %. Минералды құрамы (мг/100 г): калий - 2314, кальций - 360, магний - 250, фосфор - 430. Дәрумендер мөлшері (мг/100 г): С - 110, B_1 - 0,3, B_2 - 0,4, РР - 2,6.



1-сурет. Қызылша криоұнтағы

Криоұнтақ беталаиндердің көзі болып табылады, олар өнімге тән түс пен антиоксиданттық қасиеттер береді. Гранулометриялық құрамы 30-75 мкм өлшемді бөлшектердің басымдылығымен (шамамен 65 % фракция) және ұсақ фракциялардың жоғары ерігіштігімен сипатталады.

Ал өндіріс кезеңдерінің реттілігі 2-суретте берілген.



2-сурет. Қызылша криоұнтағы қосылған сүзбе өнімін өндірудің технологиялық сызбасы

Тұтқырлықты 20 ± 1 °С температурада ротациялық вискозиметр арқылы өлшенді. Құрғақ заттардың мөлшерін анықтау үшін үлгілерді 102-105°С-та тұрақты салмаққа жеткенше кептірілді. Белсенді қышқылдықты (pH) потенциометриялық тәсілмен, сарысу бөлінуін центрифугалаудан кейін гравиметриялық тәсілмен анықтады. Рецептуралық факторлар мен физика-химиялық көрсеткіштер арасындағы байланысты бағалау үшін Пирсон әдісі бойынша корреляциялық талдау жүргізілді. Ал криоұнтақ пен кілегейдің әсерін сандық түрде бағалау үшін екінші ретті регрессиялық модель қолданылды.

Барлық өлшеулер үш еселік қайталанумен жүргізілді. Алынған деректер Statistica 12.0 (StatSoft Inc.) бағдарламалық жасақтамасын пайдалана отырып өңделді. Эксперименттік жоспар толық факторлық эксперимент 3^2 схемасы бойынша құрылды (екі фактор үш деңгейде: қызылша криоұнтағының мөлшері - 5, 10 және 15 г; кілегей мөлшері - 10, 15

және 20 г), бұл факторлардың сызықтық, квадраттық әсерлерін және өзара әрекеттесуін бағалауға мүмкіндік берді. Факторлар деңгейлерін таңдау алдын ала жүргізілген технологиялық зерттеулерге және сүзбе өнімінің қолайлы органолептикалық және құрылымдық-механикалық сипаттамаларын қамтамасыз ету қажеттілігіне негізделген. Тәуелділіктерді сипаттау үшін екінші реттік модель (жауап беті) қолданылды. Корреляциялық талдау Пирсон бойынша орындалды. Статистикалық маңыздылық $p < 0,05$ деңгейінде бағаланды.

Нәтижелер және талқылау. Түрлі мөлшердегі криоұнтақ пен кілегей қосылған сүзбе өнімінің тәжірибе нәтижелері 1-кестеде жинақталған. Барлық үлгі майсыздандырылған сүзбе негізінде дайындалды және әрбір рецептура нұсқасы бойынша компоненттердің нақты мөлшері белгіленді. Сонымен қатар өнімнің май үлесі, құрғақ заттар мөлшері, pH деңгейі, сарысудың бөлінуі және бөлшектердің орташа өлшемі (D50) сияқты физика-химиялық көрсеткіштері анықталды.

1 - кесте. Сүзбе өнімінің тәжірибелік үлгілерінің физика-химиялық көрсеткіштері

№	Криоұнтақ, г	Кілегей, г	Сүзбе, г	Тұтқырлық, мПа·с	Май, %	Құрғақ заттар, %	pH	Сарысу бөлінуі, %	D50, мкм
1	5	10	235	1445	3,2	15,2	5,64	12	4,5
2	5	15	230	1555	4,0	15,6	5,66	10	4,3
3	5	20	225	1665	4,8	16,0	5,68	9	4,2
4	10	10	230	1590	3,1	15,8	5,58	8	4,1
5	10	15	225	1860	4,0	16,5	5,60	5	4,0
6	10	20	220	1830	4,7	16,6	5,62	7	4,2
7	15	10	225	1735	3,0	16,2	5,52	11	4,6
8	15	15	220	1865	3,8	16,8	5,54	9	4,4
9	15	20	215	1995	4,6	17,2	5,56	8	4,5

1-кестеде көрсетілгендей, криоұнтақ мөлшерін 5-тен 15 г-ға, кілегейді 10-нан 20 г-ға дейін арттырған сайын өнімнің тұтқырлығы 1445-тен 1995 мПа·с-қа, ал құрғақ заттар мөлшері 15,2-ден 17,2 %-ға дейін өсті. Май үлесі негізінен кілегей мөлшерімен байланысты болып, 3,0-3,2 %-дан 4,6-4,8 %-ға дейін көтерілді. Криоұнтақ дозасы артқан сайын pH төмендесе (5,64-5,68-ден 5,52-5,56-ға дейін), кілегей керісінше pH-ты біршама жоғарылатты. Сарысу бөлінуі 5-тен 12 %-ға дейін ауытқып, ең төменгі мәні 10 г криоұнтақ пен 15 г кілегей қосылған үлгіде байқалды. Ал бөлшектердің орташа өлшемі (D50) барлық үлгіде дерлік тұрақты болды (4,0-4,6 мкм).

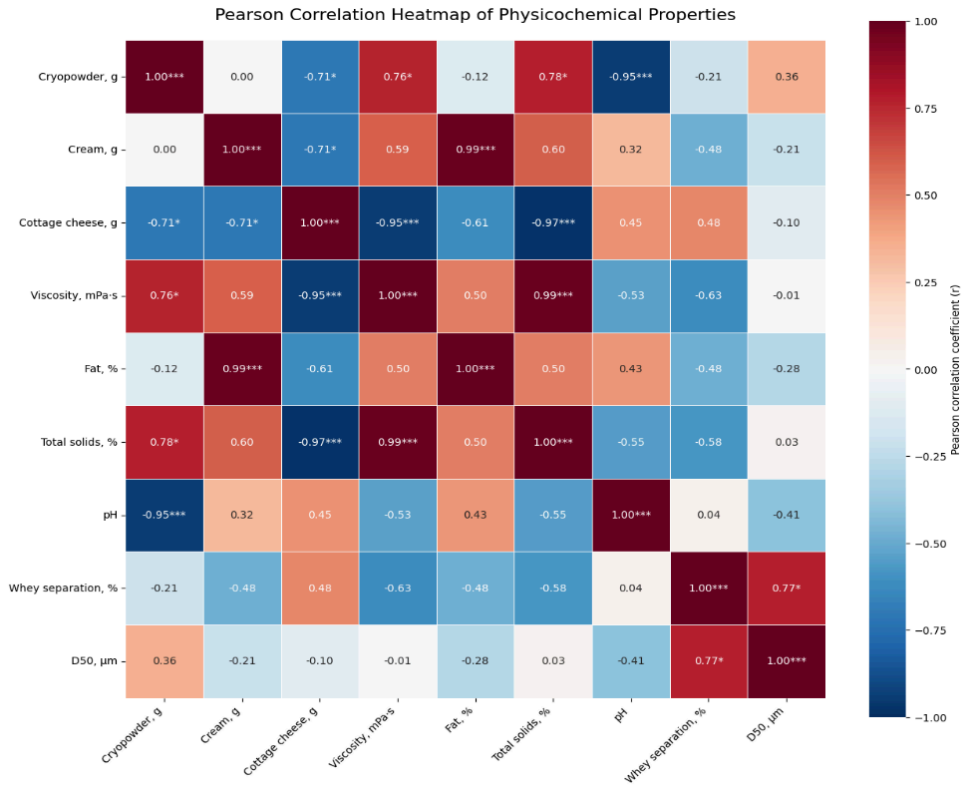
Үлгілердің органолептикалық бағалауы 5 балдық шкала бойынша (сыртқы түрі мен түсі, консистенциясы, дәмі мен иісі) 7 дегустатордан тұратын комиссиямен жүргізілді. Барлық үлгілер жоғары бағалар алды (4,3-тен 4,8 балға дейін). Қызылша криоұнтағының мөлшері 5-тен 15 г-ға дейін артқан сайын өнімнің түсі ашық қызғылттан қанық қызғылт және қызылтым түске өзгерді. Барлық нұсқаларда консистенция біртекті, орташа тұтқыр болды, сақтау кезінде сарысу бөлінбеді. Дәмі мен иісі таза, сүтті, қызылшаның жеңіл жағымды дәмі бар, бөгде дәмсіз деп сипатталды. Ең жоғары жиынтық баллдарды (4,7-4,8) 10 г криоұнтақ пен 15-20 г кілегей бар үлгілер алды, олар оңтайлы тұтқырлықты, құрғақ заттар мөлшерін және үйлесімді дәмді біріктірді.

Рецептуралық факторлар мен физика-химиялық көрсеткіштер арасындағы Пирсон корреляцияларын көрнекі түрде бейнелейтін жылу картасы 3-суретте келтірілген.

Талдау нәтижелері көрсеткендей, ең күшті байланыс тұтқырлық пен құрғақ заттар мөлшері арасында тіркелген ($r = 0,992$; $p < 0,001$). Сүзбе мөлшерінің көбеюі тұтқырлық пен құрғақ заттар мөлшерін керісінше төмендететіні анықталды (сәйкесінше $r = –0,951$ және $r = –0,973$; $p < 0,001$). Қызылша криоұнтағы тұтқырлықпен ($r = 0,758$; $p = 0,018$) және құрғақ заттармен ($r = 0,780$; $p = 0,013$) оң, ал pH-пен күшті теріс байланыс көрсетті ($r = –0,949$; $p < 0,001$). Сонымен қатар сарысу бөлінуі мен D50 арасында да маңызды оң байланыс табылды ($r = 0,767$; $p = 0,016$).

Осы байланыстарды сандық тұрғыдан тереңірек түсіндіру үшін екінші ретті регрессиялық модель-

дер қолданылды. Олар факторлардың тек сызықтық емес, квадраттық әсерін де, өзара әрекеттесуін де ескеруге мүмкіндік береді. Модельдердің негізгі параметрлері 2-кестеде жинақталды.



3-сурет. Рецептуралық факторлар мен сүзбе өнімінің физика-химиялық көрсеткіштері арасындағы Пирсон корреляцияларының жылу картасы

2 - кесте. Зерттелетін көрсеткіштердің регрессиялық модельдерінің негізгі параметрлері

Көрсеткіш	R^2	R^2adj	Модель p	Маңызды факторлар
Тұтқырлық, мПа·с	0,9602	0,8937	0,0260	Криоұнтақ (p = 0,0072); Кілегей (p = 0,0146)
Құрғақ заттар, %	0,9891	0,9710	0,0038	Криоұнтақ (p = 0,0010); Кілегей (p = 0,0022)
pH	0,9999	0,9997	<0,001	Криоұнтақ (p < 0,001); Кілегей (p < 0,001)
Сарысу бөлінуі, %	0,9125	0,7667	0,0811	Анықталмады

Ескертпе: R^2 - анықтау коэффициенті; R^2adj - түзетілген анықтау коэффициенті; p - статистикалық маңыздылық деңгейі

2-кестеде көрсетілгендей, тұтқырлық бойынша алынған модель статистикалық тұрғыдан сенімді болды (R^2 = 0,9602; R^2adj = 0,8937; p = 0,0260), мұнда криоұнтақ (p = 0,0072) пен кілегей (p = 0,0146) мөлшерінің оң әсері айқын байқалды. Ал квадраттық құраушылар мен факторлардың өзара әрекеттесуі маңызды дәрежеге жетпеді (p > 0,05), демек зерттелген диапазонда байланыс негізінен сызықтық сипатта дамиды екен.

Тұтқырлыққа арналған регрессия теңдеуі (Y_1, мПа·с) 1-формула бойынша анықталды:

$$Y_1 = 1124.5 + 28.7X_1 + 22.1X_2 - 0.45X_1^2 - 0.18X_2^2 + 0.32X_1X_2 \quad (1)$$

мұнда X_1 - криоұнтақ мөлшері (г);

X_2 - кілегей мөлшері (г).

Коэффициенттер: X_1 - β = 28,7 (SE = 6,4; p = 0,0072); X_2 - β = 22,1 (SE = 5,9; p = 0,0146); квадраттық және өзара әрекеттесу - p > 0,05.

Жеңілдетілген сызықтық модель: $Y_1 = 1187{,}3 + 29{,}4 \cdot X_1 + 21{,}8 \cdot X_2$.

Құрғақ заттар мөлшері үшін де жоғары түсіндіру қабілеті бар статистикалық маңызды регрессия моделі алынды (R^2 = 0,9891; R^2adj = 0,9710; p = 0,0038). Криоұнтақ мөлшері (p = 0,0010) және кілегей мөлшері (p = 0,0022) құрғақ заттар мөлшеріне статистикалық маңызды оң әсер етті. Факторлардың квадраттық әсерлері мен олардың өзара әрекеттесуі статистикалық маңызды болмады (p > 0,05). Зерттелген диапазонда криоұнтақ пен кілегей мөлшерінің артуы құрғақ заттардың массалық үлесінің өсуімен қатар жүрді.

Құрғақ заттар мөлшеріне арналған регрессия теңдеуі (Y_2, %) 2-формула бойынша анықталды:

$$Y_2 = 13.85 + 0.098X_1 + 0.072X_2 - 0.0012X_1^2 - 0.0008X_2^2 + 0.0009X_1X_2 \quad (2)$$

мұнда X_1 - криоұнтақ мөлшері (г);

X_2 - кілегей мөлшері (г).

Коэффициенттер: X_1 - β = 0,098 (SE = 0,015; p = 0,0010); X_2 - β = 0,072 (SE = 0,014; p = 0,0022); қалғандары - p > 0,05.

Жеңілдетілген модель: $Y_2 = 14{,}12 + 0{,}101 \cdot X_1 + 0{,}070 \cdot X_2$.

pH үшін R^2 = 0,9999 және R^2adj = 0,9997 (p <0,001) моделі алынды. Криоұнтақ мөлшерінің артуы pH-тың төмендеуімен қатар жүрді (β = −0,060; p < 0,001), ал кілегей мөлшерінің артуы pH-тың жоғарылауына әкелді (β = 0,020; p < 0,001). Факторлардың квадраттық әсерлері мен олардың өзара әрекеттесуі статистикалық маңызды болмады. Алынған нәтижелер зерттелген рецептуралық факторлар диапазонында pH өзгеруінің іс жүзінде сызықтық сипатқа ие екенін көрсетеді.

pH-қа арналған регрессия теңдеуі (Y_3) 3-формула бойынша анықталды:

$$Y_3 = 5.72 - 0.012X_1 + 0.004X_2 + 0.0001X_1^2 - 0.00005X_2^2 - 0.00002X_1X_2 \quad (3)$$

мұнда X_1 - криоұнтақ мөлшері (г);

X_2 - кілегей мөлшері (г).

Коэффициенттер: X_1 - β = −0,012 (SE = 0,0004; p < 0,001); X_2 - β = 0,004 (SE = 0,0003; p < 0,001); квадраттық және өзара әрекеттесу - p > 0,05.

Жеңілдетілген модель: $Y_3 = 5{,}70 - 0{,}012 \cdot X_1 + 0{,}004 \cdot X_2$.

Сарысу бөлінуі үшін модель жоғары детерминация коэффициентімен сипатталды (R^2 = 0,9125; R^2adj = 0,7667), алайда жалпы модель статистикалық маңыздылыққа жетпеді (p = 0,0811). Маңызды факторлар анықталмады.

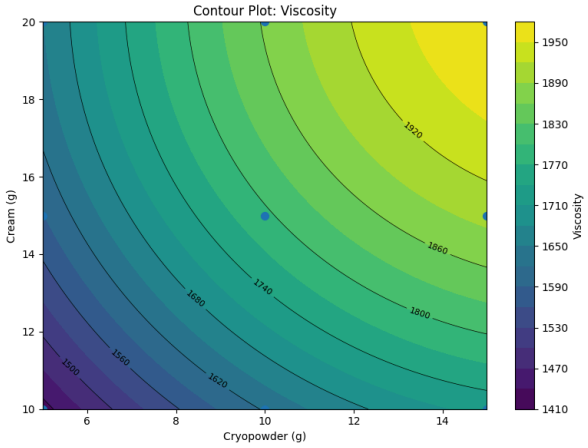
Алынған регрессиялық модельдердің эксперименттік таңдама көлемінің аздығына (n = 9) байланысты шектеулері бар екенін атап өткен жөн. 3^2 толық факторлық жоспары және квадраттық модельдің алты параметрі (тұрақты шаманы қоса алғанда) жағдайында статистикалық қуат шектеулі. Детерминация коэффициенті R^2 мен түзетілген R^2adj мәндері арасындағы елеулі айырмашылық (тұтқырлық үшін: 0,9602 және 0,8937; сарысу бөлінуі үшін: 0,9125 және 0,7667) модельдің шамадан тыс бейімделу қаупін көрсетеді. Осыған байланысты квадраттық әсерлер мен факторлардың өзара әрекеттесуі R^2 мәндерінің формалды түрде жоғары болуына қарамастан, статистикалық тұрғыдан маңызды болмады (p > 0,05). Сондықтан негізгі қорытындылар сызықтық әсерлер негізінде жасалды, ал толық квадраттық теңдеулер анықтамалық мақсатта келтірілді. Сарысудың бөліну моделі (p = 0,0811) тек алдын ала анықталған үрдіс ретінде түсіндіріледі. Модельдердің сенімділігін арттыру мақсатында болашақта эксперименттік базаны кеңейту жоспарлануда.

Осы тәуелділік 4-суретте контурлық диаграмма түрінде берілген.

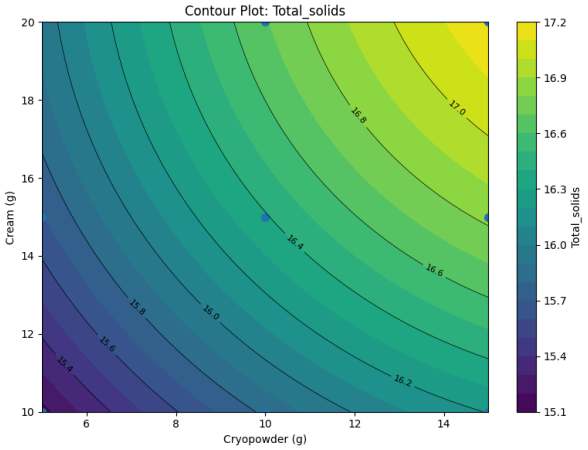
Құрғақ заттар мөлшері бойынша да жоғары түсіндіру қабілетіне ие статистикалық маңызды регрессиялық модель алынды (R^2 = 0,9891; R^2adj = 0,9710; p = 0,0038). Мұнда да криоұнтақ мөлшері (p = 0,0010) мен кілегей мөлшері (p = 0,0022) құрғақ заттар мөлшеріне статистикалық маңызды оң әсер етті. Факторлардың квадраттық эффектілері мен олардың өзара әрекеттесуі бұл жағдайда да статистикалық маңызды болмады (p > 0,05). Зерттелген диапазонда криоұнтақ пен кілегей мөлшерінің артуы құрғақ заттардың массалық үлесінің жоғарылауымен қатар жүрді. Алынған тәуелділік 5-суретте көрсетілген.

Өз кезегінде pH көрсеткіші бойынша алынған модель өте жоғары дәлдікпен сипатталды: R^2 = 0,9999, R^2adj = 0,9997 (p < 0,001). Криоұнтақ мөлшерінің артуы pH-тың төмендеуімен қатар жүрсе (β = −0,060; p < 0,001), кілегей мөлшерінің артуы, керісінше,

pH-тың жоғарылауына алып келді (β = 0,020; p < 0,001). Бұған қоса факторлардың квадраттық эффектілері мен өзара әрекеттесуі статистикалық маңызды болып шықпады. Алынған нәтижелер зерттелген рецептуралық факторлар диапазонында pH-тың өз-



4-сурет. Криоұнтақ пен кілегей мөлшерінің сүзбе өнімінің тұтқырлығына әсерінің контурлық диаграммасы



5-сурет. Криоұнтақ пен кілегей мөлшерінің сүзбе өнімінің құрғақ заттар мөлшеріне әсерінің контурлық диаграммасы

Сарысу бөлінуі бойынша алынған модель жоғары анықтау коэффициентіне ие болғанымен (R^2 = 0,9125; R^2adj = 0,7667), жалпы модель статистикалық маңыздылыққа жете алмады (p = 0,0811). Сол себепті криоұнтақ пен кілегей мөлшерінің сарысу бөлінуіне тигізетін әсері туралы анықталған тәуелділіктерді тәжірибелік деректер көлемін кеңейту арқылы қосымша тексеруді қажет ететін алдын ала үрдістер ретінде қарастырған дұрыс.

Қорытынды. Жүргізілген корреляциялық-регрессиялық талдау сүзбе өнімінің басты физика-химиялық сипаттамаларын қалыптастыруда қызылша криоұнтағы мен кілегейдің шешуші рөл атқаратынын нақты дәлелдеді.

Криоұнтақ мөлшерінің артуы өнімнің тұтқырлығы мен құрғақ заттар үлесін арттырып, pH деңгейін төмендетеді. Ал кілегей, керісінше, тұтқырлық пен құрғақ заттардың мөлшерін арттыра отырып, pH деңгейін жоғарылатуға ықпал етті.

Алынған регрессиялық модельдер тұтқырлық (R^2 = 0,9602) пен құрғақ заттардың (R^2 = 0,9891) өзгеру динамикасын жоғары дәлдікпен әрі статистикалық маңыздылықпен (p < 0,05) сипаттайды. Сонымен қатар, факторлар мен pH деңгейі арасындағы байланыстың толығымен сызықтық сипатқа ие екендігі (R^2 = 0,9999) анықталды.

Зерттелген аралықта факторлардың өзара әрекеттесуі мен квадраттық эффектілердің айтарлықтай маңызды болмауы бұл байланыстардың тек сызықтық бағытта өрбитінін көрсетеді. Сарысудың бөлінуіне қатысты алынған үрдістер қазір алдын ала болжамдық сипатқа ие және қосымша тексеруді қажет етеді.

Зерттеу нәтижелері сүзбе өнімінің қажетті құрылымдық-механикалық және физика-химиялық қасиеттерін қалыптастыру үшін қызылша криоұнтағы мен кілегей мөлшерін мақсатты түрде реттеудің толық жеткілікті екенін нақты көрсетті.

Қаржыландыру: *Зерттеу Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің қаржылай қолдауымен, BR24892775 «Криоұнтақтары бар функционалды құрылымдық сүт өнімдерінің технологиясын әзірлеу» ғылыми-техникалық бағдарламасы (2024-2026 жж.) шеңберінде орындалды.*

References

1. Granato D., Barba F.J., Bursać Kovačević D., et.al. Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety//Annual Review of Food Science and Technology. - 2020.-Vol«. 11. P». 93-118. DOI 10.1146/annurev-food-032519-051708.
2. da Silva Dias J. Nutritional and health benefits of carrots and their seed extracts // Food and Nutrition Sciences. - 2014. - Vol. 5(22). - P. 2147-2156. DOI 10.4236/fns.2014.522227.

3. Ahmad T., Cawood M., Iqbal Q., Arino A., et.al. Phytochemicals in Daucus carota and their health benefits - A review//Foods. 2019.-Vol.8.(9):424. DOI 10.3390/foods8090424.
4. Kusio K., Szafrańska J.O., Radzki W., Sołowiej B.G. Effect of different dried vegetable powders on physicochemical, organoleptic, and antioxidative properties of fat-free dairy desserts // Applied Sciences. - 2022. - Vol. 12(22):11503. DOI 10.3390/app122211503.
5. Kamel D.G., Hammam A.R.A., Nagm El-diin M.A.H., Awasti N., Abdel-Rahman A.M. Nutritional, antioxidant, and antimicrobial assessment of carrot powder and its application as a functional ingredient in probiotic soft cheese // Journal of Dairy Science. - 2023. - Vol. 106(3). - P.1672-1686. DOI 10.3168/jds.2022-22090.
6. Samilyk M., Tsyrulyk R. Technology of enrichment of A2 dairy products with carrot powder carotenoids // Restaurant and Hotel Consulting. Innovations. - 2024. - Vol. 7(1). - P. 160-173. DOI 10.31866/2616-7468.7.1.2024.305964.
7. Park Y., Hwang E.-S. Physicochemical properties and antioxidant activity of curd yogurt fortified with carrot powder // Food Science and Preservation. - 2025. - Vol. 32(6). - P.1054-1066. DOI 10.11002/fsp.2025.32.6.1054.
8. Jung H.A., Kim A.N., Ahn E.M., Kim Y.J., Park S.H., Lee J.E., Lee S.M. Quality characteristics of curd yogurt with sweet pumpkin // Food Science and Preservation. - 2011. - Vol. 18(5). - P. 714-720. DOI 10.11002/kjfp.2011.18.5.714.
9. Dong R., Liao W., Xie J., Chen Y., Peng G., Xie J., Sun N., Liu S., Yu C., Yu Q. Enrichment of yogurt with carrot soluble dietary fiber prepared by three physical modified treatments: Microstructure, rheology and storage stability // Innovative Food Science & Emerging Technologies. - 2022. - Vol. 75:102901. DOI 10.1016/j.ifset.2021.102901.
10. Kandyliari A., Potsaki P., Bousdouni P., Kaloteraki C., Christofilea M., Almpounioti K., Moutsou A., Fasoulis C.K., Polychronis L.V., Gkalpinos V.K., Tzakos A.G., Koutelidakis A.E. Development of dairy products fortified with plant extracts: Antioxidant and phenolic content characterization/ Antioxidants.-2023. - Vol. 12(2):500. DOI 10.3390/antiox12020500.
11. Stoica F., Râpeanu G., Rațu R.N., Stănciuc N., Croitoru C., Țopa D., Jităreanu G. Red beetroot and its by-products: A comprehensive review of phytochemicals, extraction methods, health benefits, and applications// Agriculture. - 2025. - Vol. 15(3):270. DOI 10.3390/agriculture15030270.
12. Soutelino M.E.M., da Silva D.B., da Silva Rocha R., de Oliveira B.C.R., Esmerino E.A., da Cruz A.G., Máralém E.T., Silva A.C. de O. Yogurt added with beetroot extract: Physicochemical parameters, biological activities and sensory evaluation by check-all-that-apply method // International Journal of Food Science & Technology. - 2023. Vol. 58(6). - P. 3303-3309. DOI 10.1111/ijfs.16214.
13. Ghamgui H., Bouaziz F., Frikha F., Châari F., Ellouze-Chaâbouni S. Production and characterization of soft Sardaigne-type cheese by using almond gum as a functional additive // Food Science & Nutrition. - 2021. • Vol. 9(4). - P. 2032-2041. DOI 10.1002/fsn3.2170.
14. Mir M. B., Rastogi S., Haripriya S. Optimization of process variables for the preparation of almond gum incorporated set-yogurt using Box-Behnken response surface model // Applied Food Research. - 2021. • Vol. 1(2):100016. DOI 10.1016/j.afres.2021.100016.

Авторлар туралы мәлімет

Альжаксина Н.Е. - PhD, бас ғылыми хатшы, ЖШС «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты», Астана, Қазақстан, e-mail: alzhaxina@inbox.ru;

Мантай М.С. - бакалавр, кіші ғылыми қызметкер, ЖШС «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты», Астана, Қазақстан, e-mail: mako.mantay@mail.ru;

Аубакирова И.Е. - магистр, кіші ғылыми қызметкер, ЖШС «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты», Астана, Қазақстан, e-mail: aubakirova.inkar@bk.ru.

Information about authors

Alzhaxina N. - PhD, Chief Scientific Secretary of «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» LTD, Astana, Kazakhstan; e-mail: alzhaxina@inbox.ru;

Mantay M. - bachelor, Junior researcher of «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» LTD, Astana, Kazakhstan; e-mail: mako.mantay@mail.ru;

Aubakirova I. - Master's degree, Junior researcher of «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» LTD, Astana, Kazakhstan; e-mail: aubakirova.inkar@bk.ru.