ҒТАМР 65.01.85 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.31-1474**

ҰЛТТЫҚ СҮТ ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫН БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН ЦИФРЛЫҚ ПЛАТФОРМАНЫ ӘЗІРЛЕУ

М.К. Алимарданова, Б.А. Алиев, К.О. Тогжанова✉, Н.Б. Жұмахан, Д.А. Тлевлесова, А.И. Матибаева

Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

✉ *Corresponding author: togzhanova_kuljan@mail.ru*

Мақалада дәстүрлі Қазақстандық сүт өнімдерінің – айран мен сары ірімшіктің басқарылуын, қауіпсіздігі мен сапасын арттыру үшін цифрлық технологияларды енгізу жөніндегі зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Жұмыс негізгі технологиялық процестерді математикалық модельдеу және барабар цифрлық құралдарды таңдау кезеңдерін қамтитын «Ұлттық өнімді өндірудің инновациялық технологиялары: ет және сүт өнімдерін интенсификациялау және цифрландыру» № BR24993234 жобасы аясында жүргізілді. Егжей-тегжейлі технологиялық схемалар мен эксперименттік деректерді талдау негізінде бақылау жүйесіне қойылатын талаптар қалыптастырылды. Прототип ретінде өнім партиялары, технологиялық параметрлер және зертханалық өлшемдер бойынша деректерді жинауды, сақтауды және визуализациялауды қамтамасыз ететін Streamlit негізіндегі Milk Digitalization цифрлық платформасы әзірленді. Мақалада IoT сенсорикасын, өнеркәсіптік шлюздерді, деректерді талдау технологияларын (машиналық оқыту) және адам-машиналық өзара әрекеттесу жүйелерін қамтитын заманауи цифрлық шешімдер кешені ұсынылған және негізделген. Барлық компоненттерді бір жүйеге біріктіретін мақсатты архитектура ұсынылған. Ашыту және жетілу процестерінің цифрлық егіздерін қолдану режимдерді оңтайландыруға, ақаулық қаупін азайтуға және «шикізаттан тұтынушыға» толық бақылауды қамтамасыз етуге мүмкіндік беретіні көрсетілген. Нәтижелер ұлттық азық-түлік өндірісін стандарттау және цифрландыру тәсілінің тиімділігін растайды.

Түйін сөздер: цифрландыру, азық-түлік қауіпсіздігі, айран, сары ірімшік, IoT, машиналық оқыту, болжамды аналитика, сүт өнімдері, қадағалау.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

М.К. Алимарданова, Б.А. Алиев, К.О. Тогжанова✉, Н.Б. Жұмахан, Д.А. Тлевлесова, А.И. Матибаева

Алматинский технологический университет,Алматы, Казахстан,
e-mail: togzhanova_kuljan@mail.ru

В статье представлены результаты исследований по внедрению цифровых технологий для повышения управляемости, безопасности и качества традиционных казахских молочных продуктов – «айран» и «сары ірімшік». Работа выполнена в рамках проекта № BR24993234 «Инновационные технологии произвлдства национальных продуктов: интенсификация и цифровизация мясных и молочных изделий», включающего этапы математического моделирования основных технологических процессов и выбора адекватных цифровых инструментов. На основе детальных технологических схем и анализа экспериментальных данных сформированы требования к системе контроля. В качестве прототипа была разработана цифровая платформа Milk Digitalization на основе Streamlit, которая обеспечивает сбор, хранение и визуализацию данных по партиям продукции, технологическим параметрам и лабораторным измерениям. В статье представлен и обоснован комплекс современных цифровых решений, включающий в себя сенсорику IoT, промышленные шлюзы, технологии анализа данных (машинное обучение) и системы взаимодействия человек-машина. Представлена целевая архитектура, объединяющая все компоненты в единую систему. Было показано, что использование цифровых двойников процессов ферментации и созревания позволяет

оптимизировать режимы, снизить риск сбоев и обеспечить полный контроль «от сырья к потребителю». Результаты подтверждают эффективность подхода к интенсификации и цифровизации производства национальных продуктов питания.

Ключевые слова: цифровизация, безопасность пищевых продуктов, айран, сары иримшик, IoT, машинное обучение, прогнозная аналитика, молочные продукты, прослеживаемость.

THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR QUALITY CONTROL AND SAFETY NATIONAL DAIRY PRODUCTS

M.K. Alimardanova, B. A. Aliyev, K.O. Togzhanova✉, N.B. Zhumakhan, D.A. Tlevlessova, A.I. Matibayeva

Almaty Technological University,Almaty, Kazakhstan,
e-mail: togzhanova_kuljan@mail.ru

The article presents the results of research on the introduction of digital technologies to improve the manageability, safety and quality of traditional Kazakh dairy products – «ayran» and «sary irinshik». The work was carried out as part of a project №BR24993234 «Innovative technologies for the production of national products: intensification and digitalization of meat and dairy products**»,** that includes the stages of mathematical modeling of the main technological processes and the selection of adequate digital tools. Based on detailed technological schemes and analysis of experimental data, the requirements for the control system are formed. As a prototype, the digital Milk Digitalization platform based on Streamlit was developed, which provides the collection, storage and visualization of data on product batches, technological parameters and laboratory measurements. The article presents and substantiates a set of modern digital solutions, including IoT sensors, industrial gateways, data analysis technologies (machine learning) and human-machine interaction systems. A target architecture is presented that combines all components into a single system. It has been shown that the use of digital counterparts of fermentation and maturation processes makes it possible to optimize modes, reduce the risk of failures and ensure full control «from raw materials to the consumer**».** The results confirm the effectiveness of the approach to intensification and digitalization of national food production.

Keywords: digitalization, food safety, ayran, yellow irimshik, IoT, machine learning, predictive analytics, dairy products, tracking.

Кіріспе. Қазіргі заманғы агроөнеркәсіптік кешен өндірістің тиімділігін, басқарылуын және қауіпсіздігін арттыруға бағытталған терең цифрлық трансформация кезеңін бастан кешуде. Бұл эмпирикалық тәсілдер жиі басым болатын және сапаны бақылау таңдамалы зертханалық талдауларға негізделген дәстүрлі ұлттық өнімдер сегменті үшін ерекше өзектілікке ие болады. Айран (сүт қышқылды сусыны) және сары ірімшік (жоғары температурада өңделген құрғақ өнім) сияқты Қазақстандық сүт өнімдерінің тағамдық және мәдени құндылығы жоғары өнімдер. Алайда, оларды жаппай өндіру және халықаралық нарықтарға шығару үшін стандартталған, бақыланатын технологияларды енгізу және кепілдендірілген қауіпсіздікті қамтамасыз ету қажет.

Бұл жұмыстың мақсаты-бұрын әзірленген математикалық және регрессиялық модельдер негізінде айран мен сары ірімшік өндірісінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету және түпкілікті бақылау үшін цифрлық технологиялар кешенін таңдау және негіздеу болды.

Зерттеу міндеттеріне мыналар кірді:

1) технологиялық схемаларды талдау және сыни бақылау нүктелерін бөлу;

2) цифрлық жүйеге қойылатын талаптарды қалыптастыру;

3) деректерді біріктіру үшін платформаның прототипін әзірлеу;

4) нақты цифрлық шешімдерді таңдау (сенсорлар, хаттамалар, аналитикалық модулдер);

5) мақсатты жүйенің архитектурасын жобалау.

Әдебиеттерді және қолданыстағы шешімдерді талдау. Көптеген жұмыстар тамақ өндірісін цифрландыру мәселесіне арналған. Негізгі тенденцияларға нақты уақыттағы параметрлерді бақылау үшін IoT (заттар интернеті) пайдалану кіреді [1], модельдеу және оңтайландыру үшін цифрлық егіздерді құру [2] және қолдану блокчейн бақылауды қамтамасыз ету үшін [3]. Сүт өнеркәсібі *pH* және *redox*-потенциал датчиктері арқылы ашыту процестерін бақылауды [4], микроорганизмдердің өсу кинетикасын моделдеуді [5] және үлкен деректерге негізделген шикізат сапасын басқаруды кеңінен зерттейді [6].

Дегенмен, әзірлемелердің көпшілігі жаппай өнеркәсіптік өнімдерге (йогурттар, ірімшіктер) бағытталған. Күрделі, көп сатылы және жиі өзгермелі технологиямен сипатталатын айран мен сары ірімшік сияқты дәстүрлі өнімдердің ерекшелігі аз зерттелген күйінде қалып отыр. Бірегей процестерді сипаттайтын математикалық моделдерді (мысалы, сары ірімшікті жоғары температурада өңдеу, қалыпқа келтіру және кептіру) практикалық цифрлық басқару жүйелеріне біріктіру мәселелері жеткілікті пысықталмаған. Бұл зерттеу осы олқылықтың орнын толтыруға арналған.

Материалдар мен әдістер. Цифрлық технологияларға қойылатын талаптарды қалыптастыру үшін бастапқы деректер:

1. Егжей-тегжейлі технологиялық схемалар: айран үшін-гомогенизация (қысым, температура), пастерлеу (*t*, *τ*), ашыту (доза, ашытқы құрамы, *t* ашыту) және пісу режимдерін көрсете отырып, резервуарлық және термостаттық тәсілдер; сары ірімшік үшін-коагуляция, ірімшік массасын дренаждау, тұздау және кептіру процестері.

2. Эксперименттік хаттамалар: әр түрлі сақтау мерзімдерінде шикі сүтке, аралық және дайын өнімдерге арналған физика-химиялық (ылғалдылық, май, ақуыз, *pH*, титрленетін қышқылдық), микробиологиялық және функционалдық (витаминдер, амин қышқылдарының құрамы, антиоксиданттық белсенділік) көрсеткіштер бойынша деректер [7].

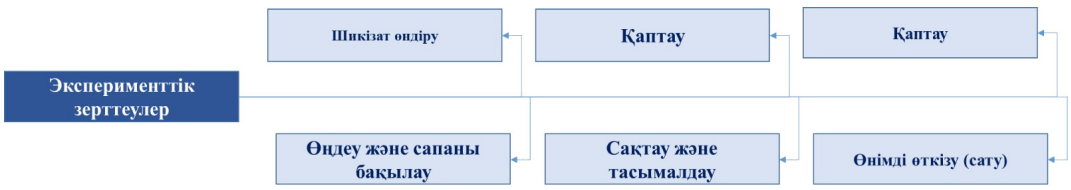
3. Бұрын әзірленген математикалық модельдер: сапаның негізгі көрсеткіштерінің (*Y*) технологиялық параметрлерге (*X1*...*Xn*) регрессиялық тәуелділігі, мысалы, айранның *pH(τ)*, сары ірімшік ылғалдылығының *t* кептіру, сондай-ақ пастерлеу кинетикасының моделдері.

Цифрлық технологияларды таңдау қауіпсіздік талаптарына сәйкестік, интеграциялық қабілет, моделдерді қолдау, масштабтау және пайдалану ыңғайлылығы критерийлері бойынша салыстырмалы талдау негізінде жүзеге асырылды[8].

Сүт саласын цифрландырудың ұсынылған тұжырымдамасын көрсету және әзірленген тәсілдерді сынақтан өткізу мақсатында *Milk Digitalization* цифрлық платформасының прототипі жасалды. Бағдарламалық жасақтама Streamlit шеңберін қолдана отырып, *Python* тіліндегі веб-қосымша түрінде жасалады, бұл кросс-платформаны, интерфейстің интерактивтілігін және аналитикалық модульдерді жылдам біріктіру мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Әзірленген платформа шикізат өндіруден бастап дайын өнімді сатуға дейінгі өмірлік циклдің барлық кезеңдерінде сүт өнімдерінің сапасын бақылау, талдау және басқару процестерін цифрлық қолдауға бағытталған (сурет 1).

Прототиптің архитектурасы модулдік принципке негізделген, бұл масштабталуға және функционалдылықты одан әрі кеңейтуге мүмкіндік береді [9].



1 - сурет. Өнімнің өмірлік циклі

Әзірленген прототиптің негізгі элементі сүт өнімдерінің сапасы мен технологиялық параметрлері туралы ақпаратты құрылымдық жинақтауды, өңдеуді және кейіннен талдауды қамтамасыз ететін бірыңғай цифрлық деректер қоймасын қалыптастыру болып табылады (сурет 2). Платформа CSV форматындағы өзара байланысты кестелер жиынтығымен ұсынылған деректерді сақтаудың реляциялық моделі:

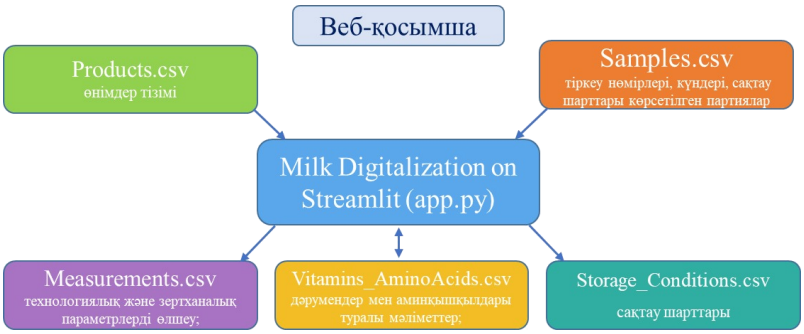
- Products.csv - өнімдер тізімі (сүт,айран, сары ірімшік және т.б.);

- Samples.csv - партиялар мен үлгілер журналы;

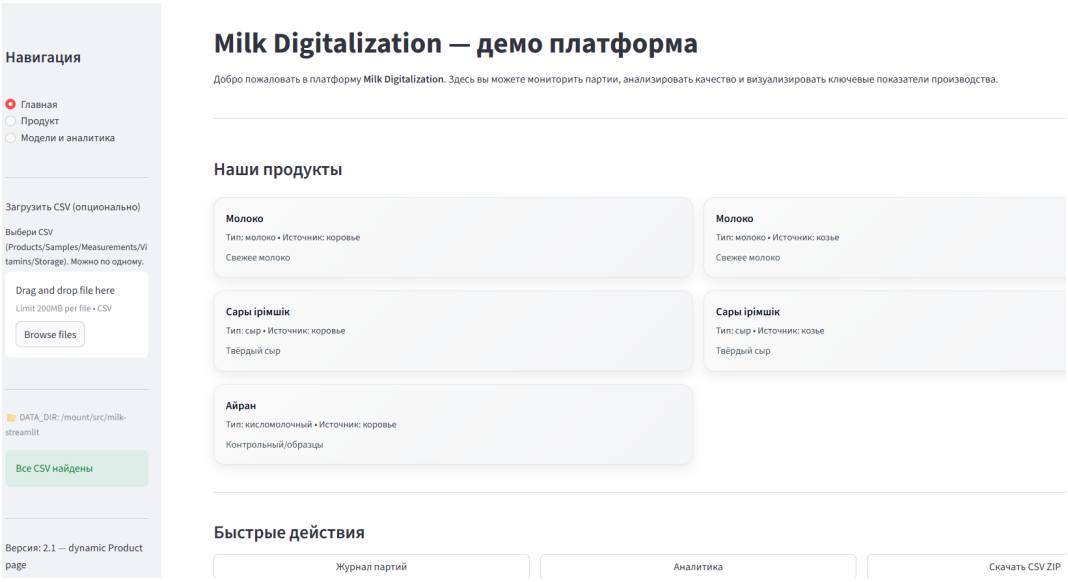
- Measurements.csv - зертханалық өлшеу нәтижелерінің массиві;

- Vitamins_Amino Acids.csv-витаминдер мен аминқышқылдарының құрамын сипаттайтын биохимиялық көрсеткіштер блогы;

- Storage_Conditions.csv-сақтау шарттары туралы.



2 - сурет. CSV форматындағы өзара байланысқан кестелер жиынтығы



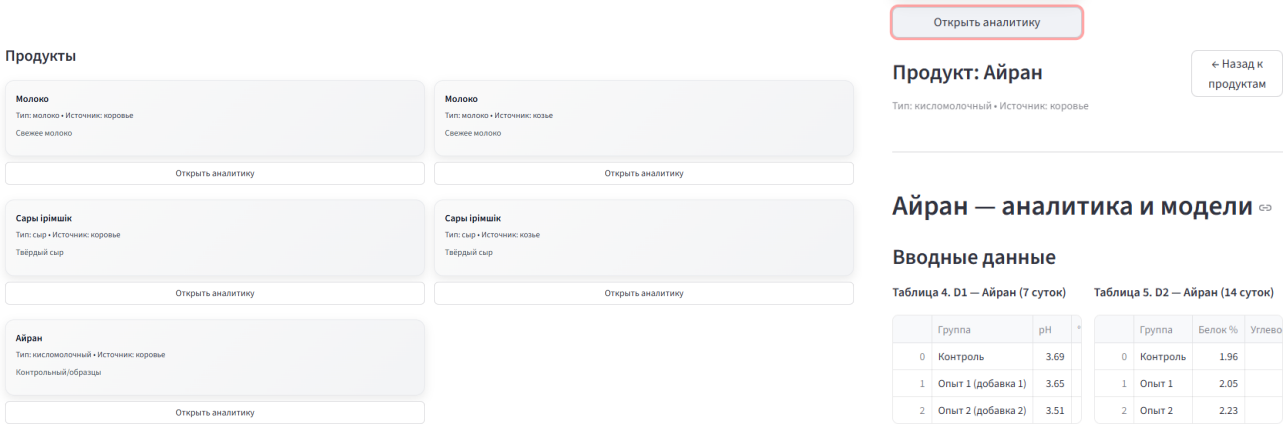
3 - сурет. Milk Digitalization платформасының интерфейсі: пастерлеу параметрлерін енгізу формасы бар айран өндірісінің интерактивті технологиялық схемасы

Үлгілермен жедел жұмыс істеу үшін жүйеде сандық тіркеу журналы болып табылатын партияны басқару интерфейсі жүзеге асырылды. Бұл модуль өнімнің нақты түріне, өндірілген немесе сынама алынған күнге, сондай-ақ нақты сақтау шарттарына байланысты жаңа жазбаларды ен-

гізуге мүмкіндік береді (Сурет 3). Бұл әр партияның үздіксіз цифрлық тарихын қалыптастыруды қамтамасыз етеді, бұл сапаны бақылау, ауытқуларды талдау және тамақ өнімдерінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету міндеттері үшін маңызды шарт болып табылады.

Платформаның орталық құрамдас бөліктерінің бірі сүт, айран және сары ірімшік өндірісінің интерактивті технологиялық карталары болып табылады. Технологиялық процесс шикізатты қабылдаудан бастап дайын өнімді алуға дейінгі барлық негізгі кезеңдерді қамтитын қадамдық сұлбалар түрінде ұсынылған. Әр кезең (мысалы, қабылдау, пастерлеу, салқындату, ашыту, ашыту, басу, кептіру және т.б.) интерактивті элемент ретінде жүзеге асырылады. Тиісті кезеңді таңдаған кезде пайдаланушыға нақты технологиялық параметрлерді енгізу немесе бұрын сақталған мәндерді қарау нысаны беріледі. Енгізілген көрсеткіштерге температура режимдері, технологиялық операциялардың ұзақтығы, компоненттердің дозалары және басқа да маңызды параметрлер кіреді. Бұл тәсіл нақты өндірістік деректерді түсіріп қана қоймай, оларды ауытқуларды анықтау үшін нормативтік мәндермен салыстыруға мүмкіндік береді.

Платформаның аналитикалық блогы ұлттық сүт өнімдерінің жекелеген түрлері үшін мамандандырылған көрсеткіштерді өңдеуге бағытталған (сурет 4).



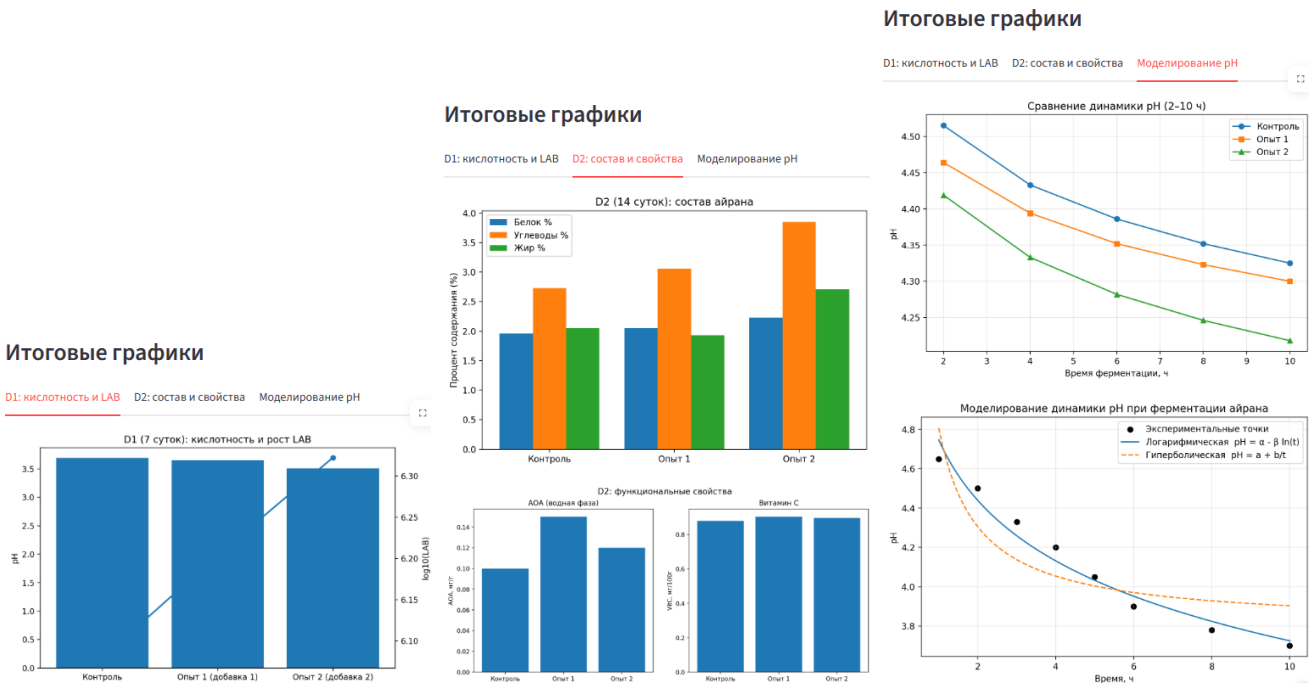
4 - сурет. Платформаның аналитикалық блогы

Айран үшін ашыту және кейінгі сақтау процесінде pH деңгейінің өзгеру динамикасы мен микробиологиялық сипаттамалардың визуализациясы жүзеге асырылды. Деректердің графикалық көрінісі қышқылды сақтау кинетикасын бақылауға және өнімнің тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік береді (сурет 5).

Сонымен қатар, регрессиялық модельге негізделген қышқылдықты болжаудың есептік модулі әзірленді, ол технологиялық параметрлерге байланысты өнімнің соңғы сипаттамаларын алдын-ала бағалауға мүмкіндік береді.

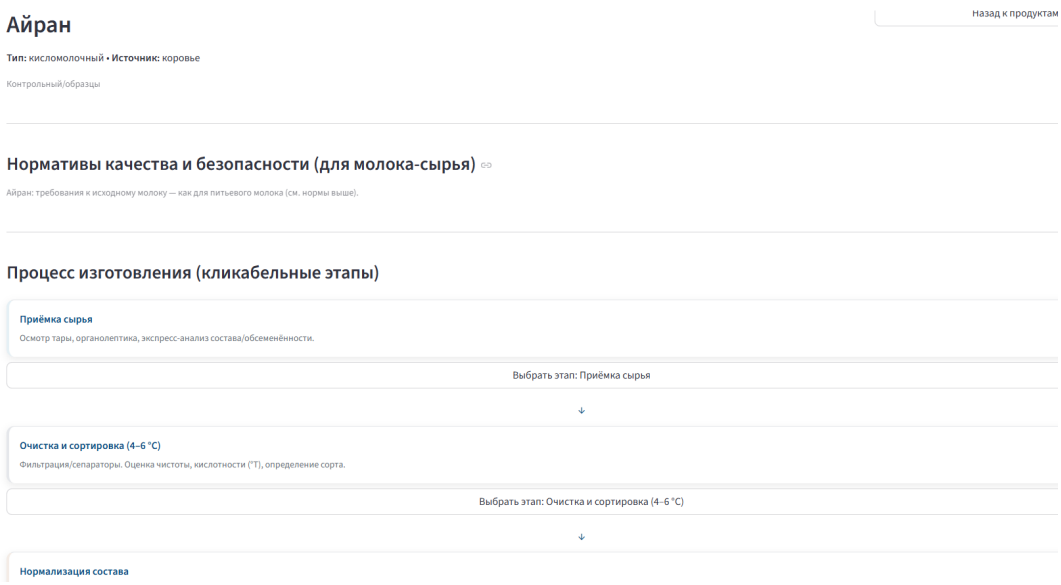
Сара ірімшік үшін кептіру процесін талдау құралдары іске асырылды. Жүйе тағамды сусыздандыру процестерін сипаттау үшін кеңінен қолданылатын Пейдж үлгісіне негізделген ылғалды кетірудің кинетикалық қисықтарын көрсетеді. Сонымен қатар, өнімнің массасы мен ылғалдылығының өзгеруіне мониторинг жүргізіледі, бұл технологиялық режимнің тиімділігін бағалауға және қажетті сапа көрсеткіштеріне қол жеткізуді болжауға мүмкіндік береді.

Платформаның сыртқы ақпараттық жүйелермен интеграциялануын қамтамасыз ету және аудит және сараптама рәсімдерін жеңілдету мақсатында деректерді экспорттау функциясы іске асырылды. Пайдаланушы таңдалған партияның толық сандық тарихын өзара байланысты *CSV* файлдары бар құрылымдық мұрағат ретінде жүктеу мүмкіндігіне ие. Бұл формат кейінгі өңдеудің, аналитикалық жүйелерге деректерді берудің, сондай-ақ оларды ұзақ мерзімді сақтаудың ыңғайлылығын қамтамасыз етеді [10].



а) D1: қышқылдық және зертханалық **ә) құрамы D2: құрамы және қасиеті** **б) PH модельдеу**

5 - сурет. а) Платформаның аналитикалық блогы, ә) құрамы D2: құрамы және қасиеті, б) PH моделдеу



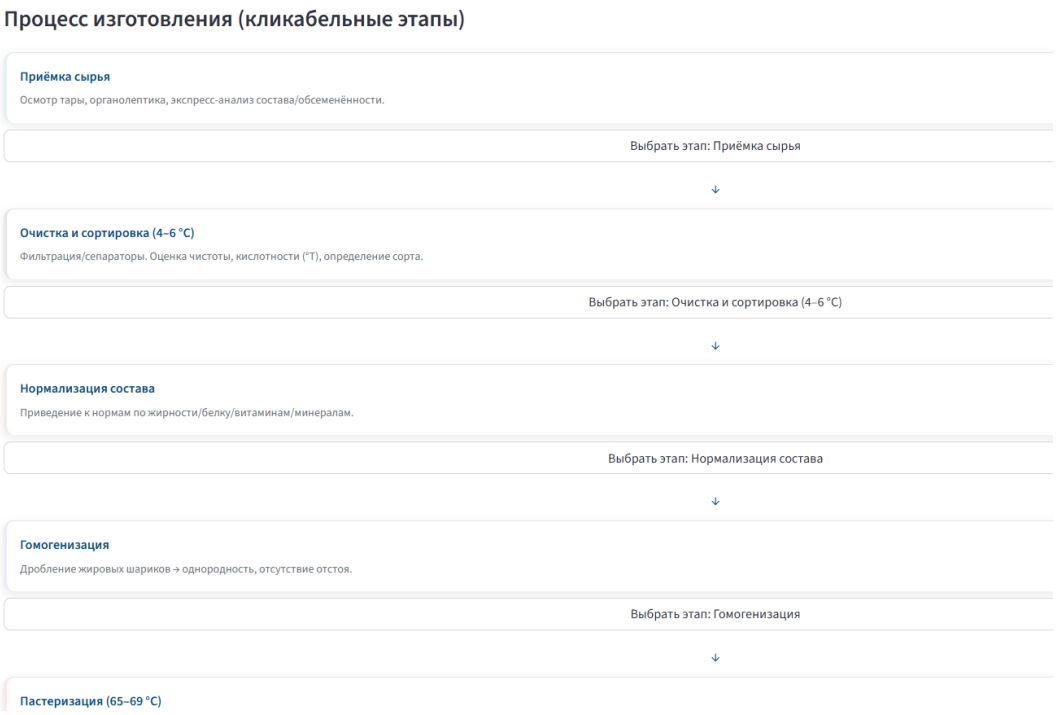
6 - сурет. Milk Digitalization платформасында айранның ашыту кезеңіндегі параметрлерді енгізу экраны

Осылайша, әзірленген цифрлық платформаның прототипі деректерді құрылымдық сақтау, технологиялық процестерді цифрлық сүйемелдеу және сүт өнімдерінің сапа көрсеткіштерін интеллектуалды талдау функцияларын біріктіретін кешенді құрал болып табылады. Іске

асырылған модульдер ұлттық сүт өнімдерін өндіруді толық қадағалау, болжамды талдау және цифрлық басқару қағидаттарына көшу мүмкіндігін көрсетеді [11].

Біріктірілген сапа және қауіпсіздік стандарттары бар мамандандырылған өнім беттері. Басылатын технологиялық кезеңдер (сурет.6), олардың әрқайсысы үшін IoT жүйелерінен қолмен де, (перспективада) автоматты түрде алынған нақты параметрлерді енгізу және визуализациялау нысандары қарастырылған. Жүктелген регрессиялық модельдер негізінде жұмыс істейтін аналитикалық виджеттер: айранның қышқылдығын болжау, сары ірімшіктің кептіру кинетикасын мониторингілеу [12].

Milk Digitalization цифрлық платформасының прототипі негізінде сүт өнімдерінің сапасын бақылау мен басқарудың интеграцияланған жүйесінің мақсатты масштабталатын архитектурасы жасалды (сурет.7).



7 - сурет. Айран мен сары ірімшік өндірісі үшін цифрлық бақылау жүйесінің нысаналы архитектурасының схемасы



8 - сурет. Деректерді жинау деңгейі

Архитектура көп деңгейлі принцип бойынша құрылған және технологиялық жабдық деңгейінен шешімдерді қолдаудың аналитикалық қызметтеріне дейінгі деректердің үздіксіз ағынын қамтамасыз етеді. Бұл тәсіл айран мен сары ірімшік өндірісіндегі өндірістік процестерді алдынала бақылау және сыни параметрлерді болжамды басқару тұжырымдамасын жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Өріс деңгейі. Өндіріс желісіндегі IoT датчиктері (NIR, pH, T/φ, компьютерлік көру).

Деректерді жинау деңгейі (Edge): PLC және Modbus, MQTT хаттамалары бойынша деректерді біріктіретін шлюздер (сурет 8).

Архитектураның орталық бөлігі ақпаратты сақтау, өңдеу және бағыттау функцияларын орындайтын Milk Digitalization core бірыңғай деректер платформасы болып табылады[13]. Платформа деңгейіне мыналар кіреді:

- жоғары жиілікті технологиялық параметрлерді сақтауға арналған уақыт қатарының дерекқоры (ашыту температурасының қисықтары, кептіру кинетикасы, pH динамикасы);

- өнім анықтамалықтарын, партияларды, рецептураларды, технологиялық карталарды және зертханалық нәтижелерді жүргізуге арналған реляциялық мәліметтер базасы;

- сыни нүктелерді бақылау ережелерін, өндірістік көрсеткіштерді есептеу алгоритмдерін және хабарламаларды қалыптастыру тетіктерін іске асыратын бизнес-логика модулі;

- сыртқы ақпараттық жүйелермен және пайдаланушы қосымшаларымен өзара әрекеттесуге арналған REST API.

Деректер ағындарының бұл бөлінуі жүйенің жоғары өнімділігін және функционалдылықты одан әрі кеңейтудің ыңғайлылығын қамтамасыз етеді.

Интеграция деңгейі және пайдаланушы интерфейстері. Архитектураның жоғарғы деңгейі цифрлық платформаның кәсіпорынның сыртқы жүйелерімен және соңғы пайдаланушылармен өзара әрекеттесуін қамтамасыз етеді.

Оған мыналар кіреді(Сурет 9):



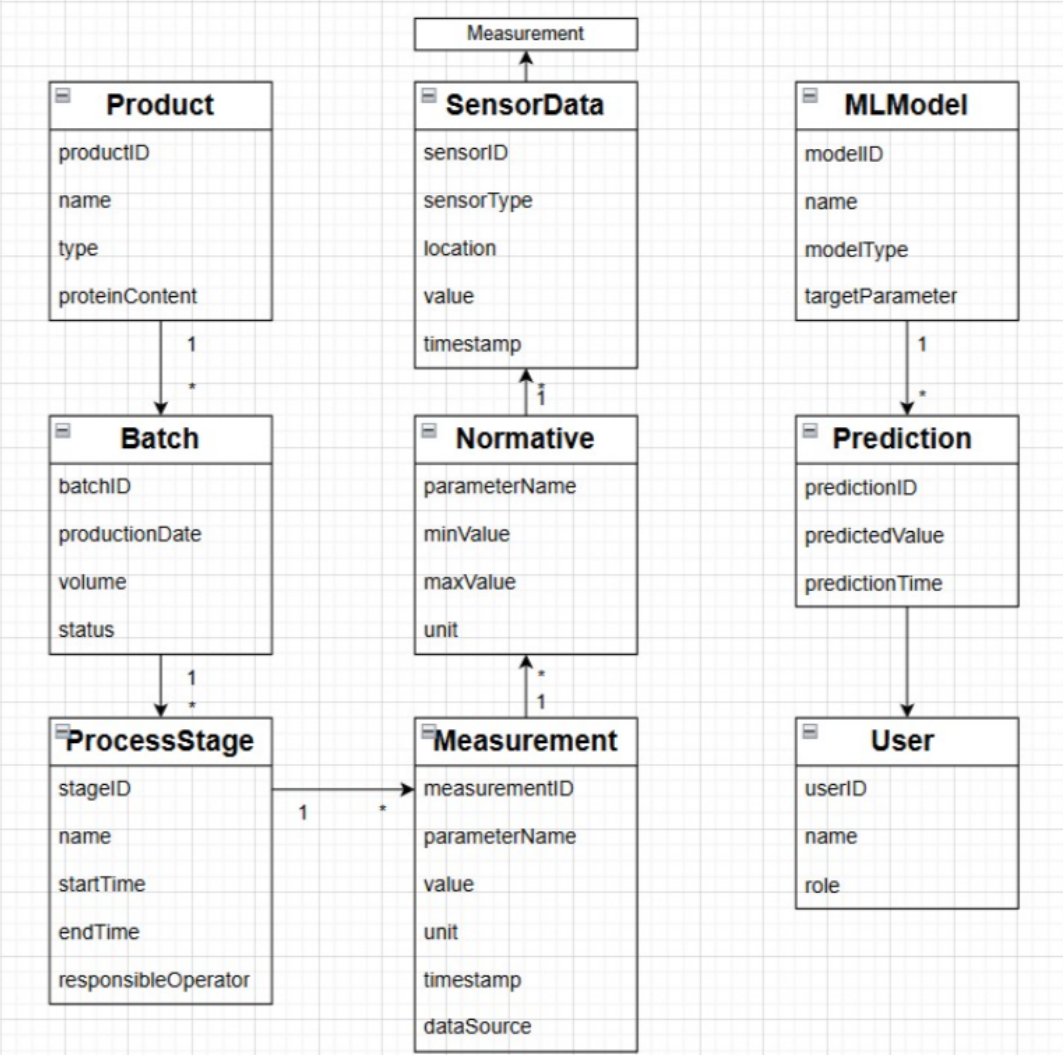
9 - сурет. Интеграция деңгейі және пайдаланушы интерфейстері

Пайдаланушы интерфейстері арқылы зертханалық деректерді енгізу, технологиялық процестердің ағымдағы жағдайын бақылау, партиялардың тарихын қарау және маңызды ауытқулар туралы хабарламалар алу жүзеге асырылады.

Ұсынылған архитектура бастапқы сенсорлық деректерді алу деңгейінен бастап аналитикалық есептерді қалыптастыруға және корпоративтік ақпараттық ортамен интеграциялауға дейінгі өндірістік циклды түпкілікті цифрландыруды қамтамасыз етеді. Құрылыстың модульдік принципі жүйені әртүрлі қуаттағы кәсіпорындарға бейімдеуге және өндірісті тоқтатпай цифрлық технологияларды кезең-кезеңімен енгізуге мүмкіндік береді.

Мұндай архитектураны енгізу технологиялық процестерді зияткерлік басқаруға көшуге, айран мен сары ірімшік сапасының тұрақтылығын арттыруға, өндірістік тәуекелдерді төмендетуге және сүт өнімдерін толық қадағалау қағидаттарын іске асыруға негіз жасайды.

Сонымен қатар, төменде Milk Digitalization платформасына арналған UML-класс диаграммасына айран мен сары ірімшік өндірісіне байланған егжей-тегжейлі ғылыми-техникалық талдау берілген. Мәтін сандық платформада әр класстың мақсатын, байланысын және функционалдық мәнін ашады (Сурет 10).



10 - сурет. UML class Diagram

Класс диаграммасының мақсаты-цифрлық платформаның негізгі нысандарын құрылымдау, олардың бақылануын, сыни параметрлерді басқаруды және аналитикалық модельдердің интеграциясын қамтамасыз ететін қасиеттері мен байланыстарын көрсету.

Нәтижелер мен талқылау. Әзірленген прототип пен архитектуралық шешімдер кешенді цифрландырудың принципті мүмкіндігін көрсетеді. Негізгі артықшылықтары:

-партияның цифрлық паспорты есебінен шешімдердің түпкілікті қадағалануы және негізділігі;

-реактивтіден проактивті және болжамды бақылауға көшу;

-автоматтандыру арқылы адам факторының еңбек сыйымдылығы мен тәуекелдерін азайту.

Негізгі қиындықтар шағын өндірушілерге арналған IoT жабдықтарына алғашқы инвестициялар, кадрларды даярлау қажеттілігі және киберқауіпсіздік мәселелері болып қала береді.

Перспективалық бағыт-жүйені тек модельдеуге ғана емес, сонымен қатар көп өлшемді міндеттерге (сапа, қауіпсіздік, энергия тиімділігі) негізделген процестерді дербес оңтайландыруға қабілетті когнитивті цифрлық егізге қарай дамыту.

Қорытынды. Жұмыс барысында Қазақстанның дәстүрлі сүт өнімдерінің қауіпсіздігі мен сапасын бақылау үшін заманауи цифрлық технологияларды (IoT, AI, Digital Twins) қолданудың тиімділігі дәлелденді. Әзірленген Milk

Digitalization платформасының прототипі және ұсынылған архитектура іске асыруға дайын негіз болып табылады. Ұсынылған шешімдер кешені қауіпсіздік кепілдіктері мен стандарттауды қамтамасыз етіп қана қоймайды, сонымен қатар Индустрия 4.0 қағидаттарына сәйкес келетін ұлттық өнімдердің интеллектуалды, бейімделгіш өндірісіне көшу үшін негіз жасайды. Мұндай жүйелерді енгізу қазақстандық тамақ өнімдерінің ішкі және сыртқы нарықтардағы бәсекеге қабілеттілігін арттыруға ықпал ететін болады.

Қаржыландыру: *Жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру жөніндегі № BR24993234 «Ұлттық өнімдер өндірісінің инновациялық технологиялары: ет және сүт өнімдерін өндіруді интенсификациялау және цифрландыру» жобасы шеңберінде орындалды.*

Әдебиеттер

1. Nget S., Mith H., Boué G., Curet S., Boillereaux L. The Development of a Digital Twin to Improve the Quality and Safety Issues of Cambodian Pâté (915 MHz Microwave Cooking) // Foods. - 2023. -Vol.12(6): 1187.DOI 10.3390/foods12061187.

2. Sionek B., Cais-Sokolińska D., Walkowiak-Tomczak D., Pikul J. Traditional and New Microorganisms Used for Fermentation of Dairy Products // Fermentation. -2023. -Vol.9(12):1019. DOI 10.3390/fermentation9121019.

3. Ibrahim S. A., Ayivi R. D., Zimmerman T., Siddiqui S. A., Altemimi A. B., Fidan H., Esatbeyoglu T., Bakhshayesh R. V. Lactic Acid Bacteria as Antimicrobial Agents: Food Safety and Microbial Food Spoilage Prevention //Foods. -2021.-Vol.10(12):3131. DOI 10.3390/foods10123131.

4. Алимарданова М.К., Кененбай Ш.Ы., Каимбаева Л.А., Кадим И.Т., Набиева Ж.К. Исследование свойств горбового жира верблюдов породы Бактриан//Вестник Алматинского технологического университета. -2025. -Vol.149(3). - С.80-89. DOI 10.48184/2304-568X-2025-3-80-89.

5. Gużewska G., Monedeiro-Milanowski M., Florkiewicz A. B., Arendowska I., Walczak-Skierska J., Białczak D., Pomastowski P. P. Analysis of the Fatty Acid Profile in Cream, Buttermilk Fractions, and Anhydrous Milk Fat: Influence of Physicochemical and Microbiological Parameters on the Fatty Acid Profile // Applied Sciences. -2024.-Vol.14(14):6117. DOI 10.3390/app14146117.

6. Алимарданова М.К., Бакиева В.М. Обеспечение безопасности при производстве кисломолочных продуктов с энтеросорбирующими пищевыми волокнами. Вестник Алматинского технологического университета. -2024.-Vol.143(1). - С.81-86. DOI 10.48184/2304-568X-2024-1-81-86.

7. Dakhia Z., Roudier C., Hassan M., Frossard N. AI-Enabled IoT for Food Computing: Challenges and Opportunities // Sensors. -2025.- Vol. 25:2147. DOI 10.3390/s25042147.

8. Chacón-Flores N. A., Olivas-Orozco G. I., Acosta-Muñiz C. H., Gutiérrez-Méndez N., Sepúlveda-Ahumada D. R. Effect of Water Activity, pH, and Lactic Acid Bacteria to Inhibit *Escherichia coli* during Chihuahua Cheese Manufacture // Foods. - 2023.-Vol.12(20):3751. DOI 10.3390/foods12203751.

9. Sielatycka K., Kiełczewska K., Molska M., Góral D. Dynamics of Active Fluorescent Units (AFU) and Water Activity (a_w) Changes in Probiotic Products-Pilot Study // Foods. -2023.- Vol.12(21):4018. DOI 10.3390/foods12214018.

10. Zhang J., Huang H., Song G., Huang K., Luo Y., Liu Q., He X. and Cheng N., Intelligent biosensing strategies for rapid detection in food safety: a review // Biosensors and Bioelectronics. - 2022. -Vol.202: 114003. DOI 10.1016/j.bios.2022.114003.

11. Liberty J. T., Bromage S., Peter E., Ihedioha O. C., & Alsalman F. B. Smart technology

for public health: reshaping the future of food safety. Food Control. -2025. - ol.176:111378. DOI 10.1016/j.foodcont.2025.111378.

12. Alimardanova M., Akpanov Z., Prosekov A. Improving the quality and the technology of processed cheeses // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. -2023.-Vol.17.-P.788-800. DOI 10.5219/1911.

13. М.К. Алимарданова , Н.Б. Жұмахан , М.С. Серікқызы , Ш.А. Абжанова. Ұлттық ет өнімдерін өндіруге арналған сандық құрылғылар мен датчиктерді салыстырмалы талдау және таңдау//ҚазУТБ Хабаршысы.-2025. - № 3(28)-Б.80-91.DOI 10.58805/kazutb.v.3.28-1111.

References

1. Nget S., Mith H., Boué G., Curet S., Boillereaux L. The Development of a Digital Twin to Improve the Quality and Safety Issues of Cambodian Pâté (915 MHz Microwave Cooking) // Foods. - 2023. -Vol.12(6): 1187.DOI 10.3390/foods12061187.

2. Sionek B., Cais-Sokolińska D., Walkowiak-Tomczak D., Pikul J. Traditional and New Microorganisms Used for Fermentation of Dairy Products // Fermentation. -2023. -Vol.9(12):1019. DOI 10.3390/fermentation9121019.

3. Ibrahim S. A., Ayivi R. D., Zimmerman T., Siddiqui S. A., Altemimi A. B., Fidan H., Esatbeyoglu T., Bakhshayesh R. V. Lactic Acid Bacteria as Antimicrobial Agents: Food Safety and Microbial Food Spoilage Prevention //Foods. -2021.-Vol.10(12):3131. DOI 10.3390/foods10123131.

4. Alimardanova M.K., Kenenbaj Sh.Y., Kaimbaeva L.A., Kadim I.T., Nabieva Zh.K. Issledovanie svojstv gorbovogo zhira verbljudov porody Baktrian//Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta. - 2025. -Vol.149(3). - C.80-89. DOI 10.48184/2304-568X-2025-3-80-89. [in Russian]

5. Gużewska G., Monedeiro-Milanowski M., Florkiewicz A. B., Arendowska I., Walczak-Skierska J., Białczak D., Pomastowski P. P. Analysis of the Fatty Acid Profile in Cream, Buttermilk Fractions, and Anhydrous Milk Fat: Influence of Physicochemical and Microbiological Parameters on the Fatty Acid Profile // Applied Sciences. -2024.-Vol.14(14):6117. DOI 10.3390/app14146117.

6. Alimardanova M.K., Bakieva V.M. Obespechenie bezopasnosti pri proizvodstve kislomolochnyh produktov s jenterosorbirujushhimi pishhevymi voloknami. Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta. -2024.-Vol.143(1). - S.81-86. DOI 10.48184/2304-568X-2024-1-81-86. [in Russian]

7. Dakhia Z., Roudier C., Hassan M., Frossard N. AI-Enabled IoT for Food Computing: Challenges and Opportunities // Sensors. -2025.- Vol. 25:2147. DOI 10.3390/s25042147.

8. Chacón-Flores N. A., Olivas-Orozco G. I., Acosta-Muñiz C. H., Gutiérrez-Méndez N., Sepúlveda-Ahumada D. R. Effect of Water Activity, pH, and Lactic Acid Bacteria to Inhibit *Escherichia coli* during Chihuahua Cheese Manufacture // Foods. - 2023.-Vol.12(20):3751. DOI 10.3390/foods12203751.

9. Sielatycka K., Kiełczewska K., Molska M., Góral D. Dynamics of Active Fluorescent Units (AFU) and Water Activity (a_w) Changes in Probiotic Products-Pilot Study // Foods. -2023.- Vol.12(21):4018. DOI 10.3390/foods12214018.

10. Zhang J., Huang H., Song G., Huang K., Luo Y., Liu Q., He X. and Cheng N., Intelligent biosensing strategies for rapid detection in food safety: a review // Biosensors and Bioelectronics. - 2022. -Vol.202: 114003. DOI 10.1016/j.bios.2022.114003.

11. Liberty J. T., Bromage S., Peter E., Ihedioha O. C., & Alsalman F. B. Smart technology for public health: reshaping the future of food safety. Food Control. -2025. - ol.176:111378. DOI 10.1016/j.foodcont.2025.111378.

12. Alimardanova M., Akpanov Z., Prosekov A. Improving the quality and the technology of processed cheeses // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. -2023.-Vol.17.-P.788-800. DOI 10.5219/1911.

M.K. Alimardanova, N.B. Zhұmahan , M.S. Serikқyzy , Sh.A. Abzhanova. Ұlttyқ et өnimderin өndiruge arnalғan sandyқ qұrylғylar men datchikterdi salystyrmaly taldau zhәne taңdau//ҚazUTB Habarshysy. - 2025. - № 3(28) -B.80-91. DOI 10.58805/kazutb.v.3.28-1111. [in Kazakh]

Авторлар туралы мәлімет

Алимарданова М.К.-техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР Ауыл шаруашылығы ғылымдары академиясының академигі, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: m.alimardanova@atu.edu.kz;

Алиев Б.А.-физика-математика ғылымдарының докторы, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: aliyevb72@mail.ru;

Тогжанова К.О.- PhD, қауымдастырылған профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: togzhanova_kuljan@mail.ru;

Жұмахан Н.Б.- техника ғылымдарының магистрі, сеньор-лектор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: nurzhan_14_95@mail.ru;

Матибаева А.И.-техника ғылымдарының кандидаты, қауым. профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: matibaevaainur@gmail.com;

Тлевлесова Д.А. - PhD, қауым. профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: Tlevlessova@gmail.com.

Information about authors

Alimardanova M. K.-doctor of technical sciences, professor, academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m.alimardanova@atu.edu.kz;

Aliyev B. A.-doctor of physical and Mathematical Sciences, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aliyevb72@mail.ru;

Togzhanova K.O.-PhD, Associate Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: togzhanova_kuljan@mail.ru;

Zhumahan N.B.-master of technical sciences, senior lecturer, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: nurzhan_14_95@mail.ru;

Matibaeva A.I. - candidate of technical sciences, associate professor. professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: matibaevaainur@gmail.com;

Tlevlessova D.A. - PhD, associate professor. professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Tlevlessova@gmail.com