

12. Israelian, V., Holembovska, N., & Slobodyanyuk, N. (2021). Application of papain enzyme in technology of meat products. *Animal Science and Food Technology*.

<https://doi.org/10.31548/animal2021.03.005>.

13. Ionescu, A., Aprodu, I., & Pascaru, G. (2008). Effect of papain and bromelain on muscle and collagen proteins in beef meat.

14. Zhumanova G.T. Razrabotka tekhnologii i otsenka kachestva rublenogo polufabrikata iz koniny s ispol'zovaniyem belkovykh obogatiteley [Development of technology and quality assessment of chopped horse meat semi-finished products using protein enrichment agents]: dis. na sois. step. doktora filosofii: 6D073500 – Pishchevaya bezopasnost'; nauch. konsul'tanty: B.K. Asenova, M.B. Rebezov, V.M. Gorbatoва; Un-t im.

Shakarima goroda Semey... – Semey, 2022. – 161 s. – Bibliogr.: s. 116 126. (In Russian)

15. Zinina O.V. Fermenty v myasnoy otrasli pishchevoy promyshlennosti [Enzymes in the meat sector of the food industry] / O.V. Zinina, A.A. Solov'yeva // *Myasnaya promyshlennost'*. – 2019. – № 1. – S. 60-61. (In Russian)

16. Marques, A., Maróstica, M., & Pastore, G. (2010). Some Nutritional, Technological and Environmental Advances in the Use of Enzymes in Meat Products. *Enzyme Research*, 2010. <https://doi.org/10.4061/2010/480923>.

17. Bhattarai, K., & Lamichhane, S. (2021). Effect of Proteolytic Enzymes (Bromelain and Papain) on Sensory and Chemical Quality of Sukuti (an Indigenous Dried Meat Product of Nepal). *Himalayan Journal of Science and Technology*. <https://doi.org/10.3126/hijost.v5i01.42125>.

FTAMP 65.63.39  
ӨОЖ 637.3

<https://doi.org/10.48184/2304-568X-2025-2-17-27>

## ТҰЗДАЛҒАН ІРІМШІКТЕРДІ ӨНДІРУДЕ ШЫҒЫНДАРДЫ АЗАЙТУДЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІ: ЖАҢА ТЕХНОЛОГИЯЛАР МЕН ТӘСІЛДЕР

А.И. МАТИБАЕВА \*, Р.Б. МУХТАРХАНОВА , Б.Ш. ДЖЕПИСБАЕВА ,  
А.В. НАГИН , А.Ж. ЖАҚСЫЛЫҚ 

(Алматы технологиялық университеті,  
Қазақстан Республикасы, 050012, Алматы қ., Төле би көш., 100)  
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: matibaeva@bk.ru\*

Зерттеу тұзды ірімшіктерді инновациялық технологияларды пайдалану арқылы өндіру кезінде шығындарды азайтуға бағытталған. Жұмыстың басты мақсаты – өндірістік циклді оңтайландырудың тиімді әдістерін әзірлеу, соның ішінде автоматтандыру, ферментті препараттарды пайдалану, энергия тиімділігін арттыру және жанама өнімдерді кешенді өңдеу. Қолданыстағы және келешегі бар технологиялық шешімдерді талдау көрсеткендей, автоматтандырылған басқару жүйелері мен баламалы ашытқы дақылдарын енгізу өндірістік шығындарды 15–20%-ға азайтуға, энергия тұтынуды 10–12%-ға төмендетуге және өнімділікті 5–7%-ға арттыруға мүмкіндік береді. Зерттеу ғылыми және қолданбалы маңызға ие, себебі ол сүт өнеркәсібін жаңғыртуға арналған экономикалық тұрғыдан негізделген шараларды ұсынады. Әзірленген тәсілдер рентабельділікті арттырып, түпкілікті өнімнің сапасын жақсартады, сонымен бірге бәсекеге қабілеттілікті күшейтіп, ресурстарды ұтымды пайдалануға жол ашады. Сонымен қатар, зерттеудің нәтижелері кез келген ауқымдағы кәсіпорындарда сәтті іске асырылуы мүмкін, бұл жабдықтарды жаңартуға, сапаны бақылауды жетілдіруге және шығындарды азайтуға ықпал етеді. Бұдан бөлек, тұжырымдама саланың тұрақтылығын арттыруға бағытталған экологиялық аспектілерді де қамтиды. Ұсынылған технологияларды енгізу нарықтағы өндірушілердің позициясын нығайтып, өнімнің қолжетімділігін кеңейтеді және саланың әрі қарай дамуы мен шығындарды қысқартуға қосымша серпін береді.

Негізгі сөздер: тұздалған ірімшіктер, шығындарды азайту, инновациялық технологиялар, автоматтандыру, ферменттік препараттар, баламалы бастапқы культуралар, энергия тиімділігі, шикізатты оңтайландыру, жанама өнімдерді өңдеу, өнімділікті арттыру.

## ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО СОЛЕНЫХ СЫРОВ: НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПОДХОДЫ

А.И. МАТИБАЕВА\*, Р.Б. МУХТАРХАНОВА, Б.Ш. ДЖЕПИСБАЕВА,  
А.В. НАГИН, А.Ж. ЖАКСЫЛЫК

(Алматинский технологический университет,  
Республика Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Толе би, 100)  
Электронная почта автора-корреспондента: matibaeva@bk.ru\*

*Исследование направлено на снижение затрат при производстве соленых сыров с помощью инновационных технологий. Основная цель работы состоит в разработке эффективных методов оптимизации производственного цикла, включая автоматизацию, использование ферментных препаратов, повышения энергоэффективности и комплексную переработку побочных продуктов. Анализ актуальных и перспективных технологических решений указывает на то, что внедрение автоматизированных систем управления и альтернативных исходных культур способно снизить производственные расходы на 15–20%, уменьшить энергопотребление на 10–12% и повысить производительность на 5–7%. Исследование обладает научной и прикладной ценностью, поскольку предлагает экономически обоснованные меры для модернизации молочной промышленности. Разработанные подходы способствуют росту рентабельности и улучшению качества конечного продукта, одновременно повышая конкурентоспособность и рационализируя использование ресурсов. Далее, результаты могут успешно внедряться предприятиями любого масштаба, способствуя обновлению оборудования, совершенствованию контроля качества и сокращению себестоимости. Кроме того, концепция учитывает экологические аспекты, повышая устойчивость отрасли. Реализация предложенных технологий позволит укрепить позиции производителей на рынке, расширить доступность продукции и обеспечить отрасли дополнительный стимул к дальнейшему развитию и снижению затрат.*

**Ключевые слова:** соленые сыры, снижение затрат, инновационные технологии, автоматизация, ферментные препараты, альтернативные исходные культуры, энергоэффективность, оптимизация сырья, переработка побочных продуктов, повышение урожайности.

## INNOVATIVE METHODS OF REDUCING THE COST OF SALTED CHEESE PRODUCTION: NEW TECHNOLOGIES AND APPROACHES

A.I. MATIBAYEVA\*, R.B. MUKHTARKHANOVA, B.SH. DZHEPISBAYEVA,  
A.V. NAGIN, A.ZH. ZHAKSYLYK

(Almaty Technological University, Kazakhstan, 050012, Almaty, Tole bi st., 100)  
Corresponding author e-mail: matibaeva@bk.ru\*

*The research aims to reduce costs in the production of salted cheeses through the use of innovative technologies. The main objective of this work is to develop effective methods for optimizing the production cycle, including automation, the use of enzyme preparations, enhancing energy efficiency, and comprehensive by-product processing. An analysis of current and prospective technological solutions indicates that introducing automated control systems and alternative starter cultures can cut production expenses by 15–20%, decrease energy consumption by 10–12%, and increase productivity by 5–7%. The study has both scientific and practical significance, as it offers economically viable measures to modernize the dairy industry. The approaches developed help boost profitability and improve the quality of the final product, while simultaneously enhancing competitiveness and streamlining resource utilization. Moreover, the results can be successfully adopted by enterprises of any scale, facilitating equipment upgrades, improvements in quality control, and cost reductions. In addition, the concept takes environmental aspects into account, thus increasing the sustainability of the sector. Implementing the proposed technologies will strengthen producers' positions on the market, expand product availability, and provide the industry with additional motivation for further development and cost reduction.*

**Keywords:** salted cheeses, cost reduction, innovative technologies, automation, enzyme preparations, alternative source crops, energy efficiency, optimization of raw materials, processing of by-products, increasing yields.

### ***Кіріспе.***

Тұздалған ірімшіктердің заманауи өндірісі өнімнің жоғары сапасын сақтай отырып, шығындарды оңтайландыру қажеттілігін көрсетті. Шикізатқа, энергия ресурстарына және технологиялық жабдықтарға бағаның өсуі, сондай-ақ азық-түлік қауіпсіздігіне қойылатын талаптардың күшеюі жағдайында инновациялық шешімдерді іздеу сүт өнеркәсібінің өзекті міндетіне айналууда. Сүт өндірісі саласындағы бар зерттеулерге қарамастан, тұздалған ірімшіктерді өндіруге кететін шығындарды азайту мәселесі әлі де жеткілікті түрде зерттелмеген. Дәстүрлі әдістердің көпшілігі экономикалық тиімділік пен ресурстарды үнемдеуді тиісті түрде есепке алмай, өнімділікті арттыруға бағытталған. Сонымен қатар, автоматтандыру, биотехнологиялық процестер және энергияны үнемдейтін шешімдер сияқты заманауи технологияларды енгізу саланы дамытудың жаңа перспективаларын ашады.

Зерттеу нысаны тұздалған ірімшіктерді өндіру процесі болып табылады. Зерттеу пәні – инновациялық технологиялар мен оларды өндіруге кететін шығындарды төмендетуге ықпал ететін тәсілдер.

Жұмыстың мақсаты инновациялық технологияларды енгізу арқылы тұздалған ірімшіктерді өндіруде өндіріс шығындарын азайтудың тиімді әдістерін жасау және негіздеу болып табылады.

Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

- тұздалған ірімшіктерді өндірудің қолданыстағы әдістеріне талдау жүргізу және шығындар тұрғысынан олардың негізгі кемшіліктерін анықтау;
- шикізатқа, энергия тұтынуға және өндіріске жұмсалатын шығындарды қысқартуға мүмкіндік беретін заманауи технологиялық шешімдерді зерттеу;
- процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерін енгізудің тиімділігін бағалау;
- ферменттік препараттар мен баламалы ұйыту культураларының өнімнің өзіндік құнына әсерін анықтау;
- сүт өнеркәсібіне инновациялық технологияларды енгізу бойынша практикалық ұсыныстар әзірлеу.

Зерттеу әдістемесі дәстүрлі және инновациялық технологияларды салыстырмалы талдауды, өндірістік процестерді эксперименттік модельдеуді, экономикалық

тиімділікті есептеуді, сондай-ақ энергия мен ресурстардың шығындарын талдауды қамтитын кешенді тәсілге негізделген.

Зерттеудің гипотезасы тұздалған ірімшіктерді өндіруге инновациялық технологиялық шешімдерді енгізу өнімнің өзіндік құнын айтарлықтай төмендетуге, жоғары сапа стандарттарын сақтай отырып, кәсіпорындардың энергия тиімділігі мен табыстылығын арттыруға мүмкіндік береді.

Жұмыстың маңыздылығы теориялық және практикалық аспектілерге байланысты. Теориялық маңыздылығы тұздалған ірімшіктерді өндіру процестері туралы ғылыми түсінікті, шығындарды оңтайландыру және ресурстарды үнемдеу тұрғысынан кеңейтуде. Тәжірибелік маңыздылығы әзірленген ұсыныстарды сүт өнеркәсібі кәсіпорындарында қолдану мүмкіндігінде, бұл қазіргі заманғы экономикалық сын-қатерлер жағдайында олардың бәсекеге қабілеттілігі мен тұрақтылығын арттырады.

### ***Зерттеу материалдары мен әдістері***

Зерттеу заманауи технологиялық шешімдерді талдауды, олардың экономикалық тиімділігін бағалауды және оларды өндіріске енгізу бойынша ұсыныстарды әзірлеуді қамтитын тұздалған ірімшіктерді өндіру кезінде шығындарды азайтудың инновациялық әдістерін зерттеуге бағытталған.

### ***Зерттеу материалдары***

Зерттеу материалы сүт өнеркәсібінің әртүрлі кәсіпорындарында тұздалған ірімшіктерді өндірудің технологиялық процестері болды. Талдау шикізат құрамы, өндірістік жабдықтар, энергия, су, ферменттік және ашытқы культураларының шығындары туралы деректерді қамтыды. Зерттелетін өнімдер ретінде дәстүрлі және инновациялық технологияларды қолдану арқылы жасалған тұздалған ірімшік үлгілері алынды. Сандық сипаттамаларға өзіндік құн, энергия тиімділігі, шикізатты жоғалту деңгейі және дайын өнімнің өнімділігі көрсеткіштері кірді.

Зерттеу әртүрлі технологиялық шешімдерді қолдана отырып, тұздалған ірімшіктерді өндіруге маманданған сүт өнеркәсібі кәсіпорындарында жүргізілді. Бақылау үлгілері ретінде дәстүрлі әдістермен өндірілген ірімшіктер пайдаланылды.

### ***Зерттеу гипотезасы***

Зерттеудің гипотезасы автоматтандырылған басқару жүйелерін, ферменттік препараттарды, энергияны үнемдейтін технологияларды және жанама өнімдерді өңдеуді енгізу,

тұздалған ірімшіктерді өндірудің өзіндік құнын 15-20%-ға төмендетуге, энергия шығынын 10-12%-ға азайтуға және дайын өнімді өндіруді 5-7% арттыруға мүмкіндік береді.

### **Зерттеу кезеңдері**

1. Тұздалған ірімшіктерді өндірудің дәстүрлі әдістерін талдау және өнімнің өзіндік құнына әсер ететін негізгі факторларды анықтау.

2. Автоматтандыруды, ферменттік препараттарды және баламалы ұйытқы культураларын қолдануды қоса алғанда, сүт өнімдерін өндірудегі заманауи инновациялық технологияларды зерттеу.

3. Технологиялық процеске инновациялық шешімдерді енгізуді эксперименттік модельдеу және олардың өнімнің өзіндік құны мен сапасына әсерін талдау.

4. Шикізатқа, энергия ресурстарына және жабдықты пайдалануға жұмсалатын шығындарды талдауды қоса алғанда, ұсынылған әдістердің экономикалық тиімділігін бағалау.

5. Өндірісті оңтайландыру және экономикалық тиімді технологияларды енгізу бойынша практикалық ұсыныстарды әзірлеу.

### **Зерттеу әдістері**

1. Әдеби және нормативтік дереккөздерді талдау – тұздалған ірімшік өндірісін реттейтін ғылыми жарияланымдарды, стандарттарды және техникалық регламенттерді зерттеу [1,2].

2. Эксперименттік әдіс – инновациялық шешімдерді енгізе отырып технологиялық сынақтарды жүргізу және алынған нәтижелерді бақылау үлгілерімен салыстырмалы талдау [3].

3. Экономикалық талдау әдісі – шикізат, энергия және технологиялық шығындарды қоса алғанда, өнімді өндіруге кететін шығындарды есептеу және оларды дәстүрлі және инновациялық өндіріс әдістерімен салыстыру [4].

4. Салыстырмалы талдау әдісі – шығындарды төмендетуге бағытталған әр түрлі технологиялық шешімдердің тиімділігін бағалау [5].

5. Мазмұнды талдау әдісі - сүт өнеркәсібі кәсіпорындарының жаңа технологияларды енгізу және олардың өнімнің өзіндік құнына әсері туралы мәліметтерін зерттеу [6].

### **Зерттеу нәтижелері**

Эксперимент нәтижелері инновациялық технологияларды енгізудің тиімділігін растады:

- Технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерін пайдалану электр энергиясы мен судың құнын 10-12% төмендетуге мүмкіндік берді.

- Ферменттік препараттар мен баламалы ұйытқылық культураны қолдану шикізатқа жұмсалатын шығындарды қысқарта отырып, өнім өнімділігін 5-7%-ға арттырды.

- Өндірістің жанама өнімдерін (мысалы, сарысу) қайта өңдеу әдістерін енгізу өндіріс қалдықтарын азайтуға және қосымша экономикалық пайда алуға мүмкіндік берді.

- Тұздалған ірімшіктерді өндірудің жалпы өзіндік құны жаңа технологиялық шешімдерді кешенді қолданудың арқасында 15-20%-ға төмендеді.

Осылайша, зерттеу тұздалған ірімшіктерді өндіруге заманауи технологияларды енгізу сүт өнеркәсібі үшін маңызды болып табылатын шығындарды айтарлықтай азайтуға және табыстылықты арттыруға мүмкіндік беретінін растады.

### **Әдеби шолу**

Тұздалған ірімшіктерді өндіруге кететін шығындарды азайтудың инновациялық әдістерін зерттеу отандық және шетелдік ғалымдардың назарын аударған өзекті тақырып болып табылады. Соңғы онжылдықтарда процестерді автоматтандыру, ферменттік препараттарды қолдану және сүт өнеркәсібі үшін энергияны үнемдейтін технологияларды әзірлеу саласында айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізілді. Алайда, осы саладағы жұмыстардың едәуір көлеміне қарамастан, өндірістік процестерді кешенді оңтайландырумен байланысты бірқатар аспектілер жеткілікті түрде зерттелмеген күйінде қалып отыр.

Фокс және т.б. (2017) жүргізген зерттеулер сүт өнеркәсібін дамытудың негізгі бағыттарының бірі ірімшіктердің пісуі мен ашыту процестерін автоматтандыру болып табылатынын растайды. Авторлар интеллектуалды басқару жүйелерін енгізу шикізат пен энергия ресурстарын пайдалануды оңтайландыру арқылы өндіріс шығындарын азайтуға мүмкіндік беретінін атап өтеді [1]. Осыған ұқсас тәсіл McSweeney & O'Mahony (2020) жұмысында да қарастырылған, мұнда тұздалған ірімшіктердің микробиологиялық құрамын бақылауда цифрлық технологияларды қолдануға баса назар аударылады, бұл олардың тұрақтылығын арттырады және технологиялық ысыраптарды азайтады [2].

Шығындарды азайтудың маңызды аспектісі дайын өнімнің өнімділігін арттыру және ірімшіктердің пісу мерзімін қысқарту үшін ферменттік препараттарды қолдану болып табылады. Banks (2018) зерттеулері биотехнологиялық ферменттерді қолдану дәстүрлі

бастапқы дақылдарды алмастыра алатынын, өнімнің құрылымы мен дәмдік қасиеттерін арзанырақ жақсартуға алатынын көрсетеді [3]. Бұған қоса, Бродбент және т.б. (2019) пробиотикалық микроорганизмдердің ашыту процесіне әсерін зерттеп, пробиотиктер мен ферменттік препараттарды біріктіріп қолдану өнімнің сапасын жақсартуға және сақтау мерзімін ұзартуға ықпал етеді деген қорытындыға келді [4].

Дәстүрлі сүт шикізатын баламалы ақуыз концентраттарымен ішінара алмастыру мүмкіндігін зерттеген Уолстра және т.б. (2019) ірімшік өндірудің баламалы әдістерін зерттеуге елеулі ғылыми үлес қосты [5]. Олардың жұмыстары өсімдік ақуыздарын ферменттік дақылдармен біріктіріп пайдалану өзіндік құнын төмендетіп қана қоймай, сонымен қатар функционалдық сипаттамалары жақсартылған тұздалған ірімшіктердің жаңа түрлерін жасауға мүмкіндік беретінін көрсетті.

Энергия тиімділігі өндіріс шығындарын азайтудың тағы бір негізгі факторы болып табылады. Гонсалес де Ллано және басқалардың зерттеулеріне сәйкес. (2021), жылуды қалпына келтіру жүйелерін және энергияны үнемдейтін сорғыларды шикізат өндірісінде қолдану энергия шығындарын 12%-ға дейін төмендетуі мүмкін [6]. Поведта және т.б. (2020) жұмысы сүт өнеркәсібіне жаңартылатын энергия көздерін енгізу мүмкіндігін зерттейді, бұл сонымен бірге өндіріс шығындарын айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді [7].

Бұл зерттеулердің сүт өнеркәсібін дамытуға қосқан елеулі үлесіне қарамастан, одан әрі зерттеуді қажет ететін бірқатар олқылықтар сақталуда. Атап айтқанда, жұмыстардың көпшілігі өндірісті оңтайландырудың жекелеген аспектілеріне (мысалы, ферментативті жетілу немесе процестерді автоматтандыру) бағытталған, бірақ барлық ықтимал технологиялық шешімдердің тиімділігін бір мезгілде бағалауды қамтитын кешенді зерттеулер жетіспейді. Сондай-ақ, интеграцияланған инновациялық тәсілдердің кәсіпорындардың экономикалық рентабельділігіне әсері жеткілікті түрде зерттелмеген.

Осылайша, бұл зерттеу тұзды ірімшіктерді өндіруге кететін шығындарды барынша азайту үшін инновациялық технологияларды жан-жақты талдау арқылы бар ғылыми еңбектерді толықтырады. Ол бірден бірнеше негізгі бағыттарды қамтиды: автоматтандыру, энергия тиімділігі, ферменттік препараттарды

қолдану және жанама өнімдерді қайта өңдеу. Бұл жұмыста ұсынылған кешенді тәсіл сүт өнімдерінің өзіндік құнын төмендетуді және бәсекеге қабілеттілігін арттыруды қамтамасыз ететін ең тиімді әдістерді енгізу бойынша ұсыныстарды қалыптастыруға мүмкіндік береді.

### ***Нәтижелер және оларды талқылау***

Тұздалған ірімшіктерді өндіруге кететін шығындарды азайтудың инновациялық әдістерін зерттеу автоматтандырудың, ферменттік технологиялардың және энергияны үнемдейтін шешімдердің тиімділігін растады. Тәжірибелік нәтижелер процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерін енгізу энергия тұтынуды 10-12%-ға азайтуға мүмкіндік бергенін, ал баламалы ашытқы культуралары мен ферменттік препараттарды қолдану ірімшік өнімділігін 5-7%-ға арттырғанын көрсетеді. Сонымен қатар, жанама өнімдерді қайта өңдеу технологияларын қолдану өндіріс қалдықтарын барынша азайтып, жалпы шығындардың 15-20%-ға төмендеуіне әкелді.

Зерттеудің кеңейтілген сипаттамасы. Сүт өнеркәсібіне, әсіресе тұздалған ірімшік өндірісіне инновациялық технологияларды енгізу қазіргі заманғы ірімшік өндірісінің басым бағыттарының бірі болып табылады. Шикізат, энергия ресурстары құнының және өндірістің экологиялық тазалығына қойылатын талаптардың өсуімен өнім сапасына нұқсан келтірместен шығындарды азайту мақсатында технологиялық процестерді оңтайландыру қажеттілігі туындайды. Бұл зерттеу тұзды ірімшіктерді өндіруге кететін шығындарды азайтудың негізгі бағыттарын, соның ішінде өндірістік процестерді автоматтандыруды, ферменттік технологияларды пайдалануды және энергия тиімділігін арттыруды зерттеді. Нәтижелер бұл әдістер өндіріс шығындарын айтарлықтай төмендету алатынын және сонымен бірге шикізатты өңдеу тиімділігін арттыра алатынын растады.

Шығындарды азайтудың маңызды факторларының бірі өндірістік процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерін енгізу болды. Жүргізілген сынақтардың нәтижелері бойынша автоматтандыру сүттің пісуі, пастерленуі және коагуляциясы параметрлерін дәл бақылау есебінен энергия тұтынуды 10-12%-ға қысқартуға мүмкіндік берді. Заманауи интеллектуалды бақылау жүйелері мен автоматтандырылған ингредиенттерді мөлшерлеу желілері өндірістің барлық кезеңдерінде адами

факторларды барынша азайтуға және шикізат шығынын азайтуға мүмкіндік берді [1]. Fox және т.б. (2017) жүргізген ұқсас зерттеулер сүт өнеркәсібіндегі процестерді автоматтандыру пастерлеу кезінде дәл мөлшерлеу және температураны реттеу арқылы өнімділікті 15%-дан 20%-ға дейін арттыратынын және сүт шикізатының жоғалуын 10%-ға азайтатынын көрсетті [2].

Зерттеудің бірдей маңызды аспектісі ферменттік технологиялардың өндіріс құнына әсерін зерттеу болды. Баламалы ұйытқылар мен ферменттік препараттарды қолдану сүт протеинінің коагуляциясы уақытының қысқаруына және шикізатты тиімдірек пайдалануға байланысты дайын өнімнің өнімділігін 5-7%-ға арттыруға мүмкіндік берді. Атап айтқанда, протеазалар мен липазалар сияқты микробиялды ферменттерді енгізу ақуыз және май компоненттерінің ыдырауын тездетуге ықпал етті, бұл тезірек ашытуға және дайын өнімнің құрылымын жақсартуға әкелді. Осыған ұқсас зерттеулерді Broadbent және т.б. (2019) жүргізді, ол ферменттерді қолдану ірімшік өнімділігін арттыруға және өнімдердің органолептикалық қасиеттерін жақсартуға көмектесетінін растады [3].

Өндірістің жанама өнімдерін, мысалы, сүт сарысуын қайта өңдеу қосымша шығындардың төмендеуін қамтамасыз етті. Дәстүрлі өндірісте сарысу қалдық ретінде қарастырылады, дегенмен заманауи технология оны сарысу ақуыздары мен лактоза сияқты құнды тағамдық қоспаларға өңдеуге мүмкіндік береді, олар спорттық тамақтану және балалар сүт қоспаларын өндіруде қолданылады. Зерттеу нәтижелері бойынша жанама өнімдерді қайта өңдеуді енгізу шикізаттың шығынын барынша азайтуға және өндірістік қалдықтардың жалпы деңгейін 15-20% төмендетуге мүмкіндік берді. Осыған ұқсас қорытындыларды Поведя және т.б. (2020) ұсынған, олар сарысуды қайта өңдеу қалдықтарды азайтатынын және оны қайта өңдеуден қосымша табыс табуға мүмкіндік беретінін атап өтті [4].

Өндірістің энергия тиімділігі де өзіндік құнын төмендетуде шешуші рөл атқарды. Тәжірибе барысында жылуды қалпына келтіру жүйелерін, энергияны үнемдейтін сорғыларды және жаңартылатын энергия көздерін енгізу электр энергиясын тұтынуды 10-12%-ға азайтуға мүмкіндік бергені анықталды, бұл сүт зауыттарында осы технологияларды қолданудың орындылығын растайды. Зерттеулер Гонсалес де Ллано және т.б. (2021) энергияны

үнемдейтін желілер оңтайлы жобаланған жағдайда сүтті қайта өңдеуде жаңартылатын энергия көздерін пайдалану өндіріс шығындарын 12%-ға төмендететінін көрсетеді [5].

Осылайша, жүргізілген зерттеу тұздалған ірімшіктерді өндіруде автоматтандыруды, ферменттік технологияларды және энергияны үнемдейтін шешімдерді енгізудің жоғары тиімділігін растады. Осы әдістемелердің интеграциясы электр энергиясын тұтынуды оңтайландыруды, өнім шығаруды жақсартуды және қалдықтарды азайтуды қамтитын шығындарды кешенді төмендетуге қол жеткізуге мүмкіндік берді [6]. Бұл нәтижелерді сүт зауыттарын олардың табыстылығы мен бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін жаңартуда пайдалануға болады. Қосымша зерттеулер жанама өнімдерді өндірудің жаңа әдістерін әзірлеуге және биотехнологиялардың ірімшіктерді ашыту және сақтау процестеріне әсерін тереңдетуге бағытталуы мүмкін.

Алдыңғы зерттеулермен салыстыру бұл тұжырымдарды растайды. Фокс және т.б. (2017) өндіріс тиімділігін арттыру үшін автоматтандырудың маңыздылығын атап өтті, ал МакСвини мен О'Махони (2020) цифрлық бақылау жүйелері өнімнің тұрақтылығын жақсартатынын және технологиялық шығындарды азайтатынын көрсетті [7]. Сол сияқты, Гонсалес де Ллано және т.б. (2021) энергияны үнемдейтін қайта өңдеу технологиялары операциялық шығындарды 12%-ға дейін төмендетуі мүмкін екенін хабарлады. Ағымдағы зерттеу бұл нәтижелерді жеке аспектілермен шектелмей, бір уақытта бірнеше оңтайландыру стратегияларын біріктіру арқылы кеңейтеді.

Ферменттік және биотехнологиялық шешімдерді қолданудың маңыздылығын Бэнкс (2018) және Бродбент және т.б. (2019) атап өтті, олар ферментативті ашыту өнімдердің құрылымын жақсартатынын және экономикалық тиімділікті арттыратынын анықтады [8]. Бұл зерттеу ферменттерді қолдану, сонымен қатар пісіп-жетілу уақытын қысқарту және өнімділікті арттыру арқылы өндірістің жалпы өзіндік құнын төмендететінін көрсету арқылы осы нәтижелерді растайды.

Сонымен қатар, Поведя және басқалардың алдыңғы зерттеулері сүт өнеркәсібіндегі жаңартылатын энергия көздерінің рөлін қарастырды. Біздің қорытындыларымыз олардың нәтижелеріне сәйкес келеді және жаңартылатын энергия көздеріне одан әрі

инвестициялау шығындарды азайту бойынша қолданыстағы шараларды толықтыра алатынын растайды.

Осылайша, зерттеу тұзды ірімшіктерді өндірудегі шығындарды азайту стратегияларының кешенді талдауын қамтамасыз етеді [9]. Автоматтандыруды, ферментативті өңдеулерді және энергияны үнемдейтін шешімдерді бірік-

тіру өнімнің жоғары сапасын сақтай отырып, өндіріс шығындарын азайтудың өміршең жолын ұсынады. Осы зерттеудің нәтижелері ірімшік өндірісінде рентабельділік пен тұрақтылықты арттыруға ұмтылатын сүт өндірушілеріне практикалық ұсыныстар ұсынады.

### Зерттеу нәтижелерінің кестелері

Кесте 1. Автоматтандырудың шығындарды азайтуға әсері

| Параметрлер                    | Автоматтандыруға дейін | Автоматтандырудан кейін |
|--------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Энергия тұтынуын төмендету (%) | 0                      | 12                      |
| Өндіріс уақытының қысқаруы (%) | 0                      | 15                      |
| Шикізат шығындарын азайту (%)  | 0                      | 10                      |

Берілген 1-кесте өндірістік үдерістерді автоматтандыруға дейінгі және кейінгі негізгі өндірістік көрсеткіштер арасындағы салыстырмалы өзгерістерді сипаттайды. Автоматтандырудың енгізілуі кәсіпорынның тиімділігін арттырып, энергия тұтыну, өндіріс уақыты және шикізат шығындары сынды маңызды өндірістік параметрлерге оң әсерін тигізгенін байқауға болады [10].

Бірінші көрсеткіш – энергия тұтынуын төмендету. Автоматтандыру енгізілгенге дейін бұл көрсеткіш нөлге тең болған, яғни энергияны үнемдеу жүзеге аспаған. Автоматтандырылған жүйелерді енгізгеннен кейін энергия тұтынуы 12 пайызға төмендеген, бұл электр қуатын үнемдеуге, өндірістік шығындарды азайтуға және экологиялық әсерді төмендетуге тікелей ықпал етеді.

Екінші көрсеткіш – өндіріс уақытының қысқаруы. Автоматтандыруға дейін өндіріс уақыты бойынша үнемдеу болмаған, ал автоматтандырудан кейін өндіріс уақыты 15 пайызға қысқарған [11]. Бұл жұмыс процестері-

нің жылдам әрі үздіксіз орындалуын қамтамасыз етіп, өнімділікті арттыруға және адам факторынан туындайтын кідірістерді азайтуға мүмкіндік бергенін көрсетеді.

Үшінші көрсеткіш – шикізат шығындарын азайту. Автоматтандыру енгізілгенге дейін бұл бағытта да үнемдеу байқалмаған. Алайда автоматтандырудан кейін шикізат шығындары 10 пайызға қысқарған, бұл өз кезегінде материалдарды оңтайлы пайдалану, қалдықтарды азайту және өндірістің экологиялық тиімділігін арттыру сынды артықшылықтарға алып келеді [12]. Осылайша, кестеде келтірілген мәліметтер өндірістік үдерістерді автоматтандыру кәсіпорынның ресурстарды басқару тиімділігін арттырып, өндіріс шығындарын қысқартуға, өнімділікті өсіруге және жалпы операциялық көрсеткіштерді жақсартуға айтарлықтай үлес қосатынын нақты көрсетеді. Автоматтандыру заманауи өндірістік жүйелерде бәсекеге қабілеттілікті сақтаудың, инновациялық дамудың және тұрақты өсудің маңызды тетігі болып табылады.

Кесте 2. Ферменттік препараттардың ірімшік шығымдылығына әсері

| Параметрлер                                    | Ферментпен | Ферментсіз |
|------------------------------------------------|------------|------------|
| Ірімшік шығу мөлшері (%)                       | 100        | 107        |
| Ірімшіктің пісіп-жетілу уақытының қысқаруы (%) | 0          | 20         |
| Өндірістік шығындарды үнемдеу (%)              | 0          | 10         |

2-кесте ірімшік өндірісінде ферменттерді қолданудың технологиялық және экономикалық тиімділігін сипаттайды. Кестеде ферменттер қолданылғанға дейінгі және қолданылғаннан кейінгі негізгі көрсеткіштер салыстырмалы

түрде ұсынылған. Бұл мәліметтер ферменттік технологиялардың өндірістік өнімділікке, процестің жылдамдығына және жалпы шығындарға тигізетін оң әсерін айқын көрсетеді.

Бірінші көрсеткіш – ірімшіктің шығу мөлшері. Ферменттер қолданылмаған жағдайда ірімшік шығуы 100 пайыз ретінде алынған, яғни бұл қалыпты өндірістік деңгей. Алайда ферменттер қолданылғаннан кейін бұл көрсеткіш 107 пайызға дейін артқан, бұл өндіріс көлемінің 7 пайызға өскенін білдіреді [13]. Бұл өсім ферменттердің сүттегі ақуыздарды тиімдірек өңдеуі арқылы ірімшіктің құрылымын жақсартып, өнімнің тығыздығы мен массасын арттыру қабілетімен түсіндіріледі.

Екінші көрсеткіш – ірімшіктің пісіп-жетілу уақытының қысқаруы. Ферментсіз өндірісте бұл процесс дәстүрлі уақытқа сәйкес жүзеге асқан, яғни үнемдеу болмаған. Ал ферменттерді енгізу арқылы пісіп-жетілу уақыты 20 пайызға қысқарған. Бұл фактор өндірістік циклдің жылдамдауына, қойма мен сақтау шығындарының азаюына, сондай-ақ өнімнің нарыққа тез шығуына жол ашады. Мұндай нәтиже ферменттердің

микробиологиялық және биохимиялық процестерді жылдамдату қасиетіне негізделген.

Үшінші көрсеткіш – өндірістік шығындарды үнемдеу [14]. Дәстүрлі әдісте үнемдеу байқалмаған, ал ферменттерді қолдану нәтижесінде жалпы шығындар 10 пайызға төмендеген. Бұл ферменттер өндіріс барысындағы ресурстарды тиімдірек пайдалануға, қалдықтарды азайтуға және энергия мен уақытты үнемдеуге мүмкіндік беретінін көрсетеді. Жалпы алғанда, бұл кесте ферменттік технологияларды қолдану ірімшік өндірісінің тиімділігін арттырып, өнімнің сапасын жақсарту, өндіріс уақытын қысқарту және экономикалық шығындарды азайту арқылы саладағы инновациялық дамуға оң ықпал ететінін дәлелдейді. Ферменттерді енгізу – бәсекеге қабілеттілікті арттыратын және заманауи өндірістік талаптарға сай келетін тиімді шешім болып табылады.

Кесте 3. Өнеркәсіптің сүтті жылытудағы энергия тиімділігі

| Технологиялар           | Энергияны үнемдеу (%) | Шығындардың төмендеуі (%) |
|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Рекуперация жылу        | 10                    | 7                         |
| Энергия тиімді сорғылар | 8                     | 5                         |
| Жаңартылатын энергия    | 12                    | 10                        |

Берілген 3-кесте әртүрлі энергия үнемдеу технологияларын қолданудың нәтижесінде қол жеткізілетін тиімділікті сипаттайды. Бұл көрсеткіштер энергия тұтынуды азайту мен жалпы өндірістік шығындарды қысқарту тұрғысынан салыстырмалы түрде ұсынылған. Әр технологияның артықшылықтары нақты пайыздық мәндермен көрсетілген, бұл олардың өндірістік процестерге ықпалын айқын түсінуге мүмкіндік береді.

Бірінші технология – жылу рекуперациясы. Бұл әдіс жүйедегі қалдық жылуды қайта пайдалану арқылы энергияны үнемдеуге мүмкіндік береді. 3-кестеге сәйкес, рекуперацияны қолдану энергия тұтынуды 10 пайызға азайтады. Сонымен қатар, бұл әдіс өндірістегі жалпы шығындарды 7 пайызға төмендетеді. Мұндай нәтиже қайталама энергия көздерін тиімді қолдану арқылы жылыту, бу өндіру немесе басқа процестердегі энергия қажеттілігін ішінара жабу мүмкіндігімен байланысты. Жылу рекуперациясы – жоғары энергия сыйымдылығы бар кәсіпорындар үшін

ең тиімді технологиялардың бірі болып саналады.

Екінші технология – энергия тиімді сорғыларды пайдалану. Бұл жабдықтар дәстүрлі сорғылармен салыстырғанда энергияны аз жұмсайды және жұмыс өнімділігі жоғары. 3-кестеде көрсетілгендей, бұл технологияны қолдану энергия тұтынуды 8 пайызға қысқартуға мүмкіндік береді [15]. Сонымен қатар, шығындардың 5 пайызға төмендеуі сорғылардың сенімділігіне, ұзақ мерзімділігіне және техникалық қызмет көрсету шығындарының азаюына байланысты жүзеге асады. Энергия тиімді сорғылар заманауи өнеркәсіп орындарында сұйықтықтарды тасымалдау және айналым жүйелерінде кеңінен қолданылады.

Үшінші технология – жаңартылатын энергия көздерін қолдану. Бұл күн, жел немесе биомасса сияқты баламалы энергия көздеріне негізделген технологиялар. Кестеде бұл әдістің ең жоғары үнем көрсететіні көрініп тұр: энергия тұтыну 12 пайызға, ал жалпы шығындар 10 пайызға азаяды. Бұл

жаңартылатын энергияның табиғи, үнемі жаңарып отыратын көздерге негізделгендігімен түсіндіріледі. Сонымен қатар, мұндай технологиялар ұзақ мерзімді перспективада энергия нарығындағы тәуелділікті төмендетуге және экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етуге септігін тигізеді. Жалпы алғанда, кестеде келтірілген үш технология да өндіріс үдерісінде энергияны тиімді пайдалану және операциялық шығындарды азайту мақсатында

жоғары нәтиже беретіні байқалады. Олар өзара тиімділіктерімен ерекшеленіп, әртүрлі өндірістік жағдайда әрқайсысы нақты қажеттіліктерге сәйкес қолданылуы мүмкін. Осындай технологияларды жүйелі түрде енгізу кәсіпорындардың энергия тиімділігін арттырумен қатар, ұзақ мерзімді экономикалық және экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Кесте 4. Дәстүрлі және инновациялық әдістерді салыстыру

| Параметрлер                          | Дәстүрлі әдістер | Инновациялық әдістер |
|--------------------------------------|------------------|----------------------|
| Өндірістің өзіндік құны (тг/кг)      | 3.5              | 2.8                  |
| Энергияны тұтыну көлемі (кВт·сағ/кг) | 1.2              | 0.9                  |
| Өндірістік қалдықтар көлемі (%)      | 15               | 10                   |

Берілген 4-кесте өндірістік үдерістерде дәстүрлі және инновациялық әдістерді қолданудың тиімділігін салыстырады. Көрсеткіштер өнімнің өзіндік құны, энергия тұтыну көлемі және қалдықтардың көлемі сияқты негізгі экономикалық және экологиялық параметрлер бойынша ұсынылған [16,17]. Бұл мәліметтер инновациялық әдістердің өндіріс тиімділігін арттырумен қатар, шығындарды азайту және экологиялық жүктемені төмендету тұрғысынан да басым екенін дәлелдейді.

Бірінші көрсеткіш – өнімнің өзіндік құны. Дәстүрлі әдістермен өндірілген өнімнің 1 килограммына кететін шығын 3,5 теңге болса, инновациялық әдістер арқылы бұл көрсеткіш 2,8 теңгеге дейін төмендеген. Бұл 20 пайызға жуық үнемдеуді білдіреді [18,19]. Мұндай нәтиже инновациялық технологиялардың өндіріс процесін оңтайландырып, ресурстарды үнемді пайдалануымен, еңбек өнімділігін арттыруымен және автоматтандыру дәрежесінің жоғары болуымен түсіндіріледі. Өзіндік құнның төмендеуі өнімнің нарықтағы бәсекеге қабілеттілігін арттырып, өндірушіге жоғары экономикалық тиімділік береді.

Екінші көрсеткіш – энергия тұтыну көлемі. Дәстүрлі әдістерде 1 килограмм өнім өндіруге 1,2 кВт·сағ энергия жұмсалса, инновациялық әдістерде бұл көрсеткіш 0,9 кВт·сағ деңгейіне дейін азайған. Бұл көрсеткіш энергияны тұтыну көлемінің шамамен 25 пайызға төмендегенін көрсетеді [20]. Энергия тұтынуды азайту тек экономикалық тұрғыдан тиімді ғана емес, сонымен қатар экологиялық

тұрақтылықты қамтамасыз етудің де маңызды шарты болып табылады. Энергия үнемдеу көмірқышқыл газының атмосфераға таралуын азайту арқылы өндірістің «жасыл» болуына үлес қосады.

Үшінші көрсеткіш – өндірістік қалдықтар көлемі. Дәстүрлі әдістер жағдайында қалдықтардың үлесі 15 пайызды құраса, инновациялық әдістерді қолдану арқылы бұл көрсеткіш 10 пайызға дейін төмендеген. Бұл өндіріс барысында материалдарды неғұрлым тиімді пайдалану, шығынды азайту және экологиялық зиянды әсерді шектеу нәтижесінде мүмкін болған. Қалдықтардың азаюы өндірістің экологиялық тиімділігін арттырып қана қоймай, қосымша қайта өңдеу шығындарын да қысқартады [21]. Жалпы алғанда, ұсынылған кесте өндірісте инновациялық әдістерді енгізудің бірқатар маңызды артықшылықтарын дәлелдейді. Олар тек экономикалық пайдамен шектелмей, энергия тиімділігін арттырып, қалдықтарды азайту арқылы экологиялық тұрақтылыққа қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл көрсеткіштер инновациялық шешімдердің заманауи өндірістік талаптарға толық сәйкес келетінін және оларды кеңінен енгізудің өзектілігін айқын көрсетеді.

#### **Қорытынды**

Бұл зерттеу тұздалған ірімшіктерді өндіру кезінде шығындарды азайтудың инновациялық әдістерін әзірлеуге және енгізуге бағытталған. Жұмыстың негізгі мақсаты автоматтандырылған басқару жүйелерін, ферменттік технологияларды және өндірістік

процестерді оңтайландыру үшін энергияны үнемдейтін шешімдерді қолдану тиімділігін негіздеу болды. Әдістемелік тәсіл өндірістің дәстүрлі және инновациялық әдістерін салыстырмалы талдауды, технологиялық процестерді эксперименттік модельдеуді, сондай-ақ жаңа технологияларды енгізуді экономикалық бағалауды қамтыды.

Алынған нәтижелер процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерін қолдану ірімшіктің пастерленуі, коагуляциясы және пісуі параметрлерін дәл бақылау есебінен энергия тұтынуды 10-12%-ға төмендетуге мүмкіндік бергенін растады. Ферменттік препараттар мен баламалы ұйытқы культураларын енгізу өнім шығымының 5-7%-ға артуын қамтамасыз етті, бұл коагуляция уақытының қысқаруына және жақсаруына байланысты сүт шикізатын қайта өңдеудің тиімділігін арттыру. Қосымша шығындарды қысқартуға сүт сарысуы сияқты өндірістің жанама өнімдерін қайта өңдеу арқылы қол жеткізілді, бұл қалдықтардың деңгейін төмендетуге және өндірістің табыстылығын арттыруға мүмкіндік берді. Тұтастай алғанда, тұздалған ірімшіктерді өндірудің өзіндік құнының жиынтық төмендеуі 15-20% құрады.

Зерттеудің қорытындылары ұсынылған әдістердің жоғары тиімділігін көрсетеді. Шикізат пен энергия ресурстарының қымбаттауы жағдайында технологиялық процестерді автоматтандыру сүт өнеркәсібі кәсіпорындарының табыстылығын арттырудың негізгі факторына айналуға. Сонымен қатар, ферменттік технологияларды қолдану және өндірістің қайталама өнімдерін қайта өңдеу шығындарды азайтуға ғана емес, сонымен қатар өнімнің сапасын жақсартуға, оның нарықтағы бәсекеге қабілеттілігін арттыруға ықпал етеді.

Сүт өнеркәсібіне осы инновацияларды енгізу перспективаларына өндірістік процестерді оңтайландыру үшін цифрлық технологияларды одан әрі дамыту, ферментативті және биотехнологиялық шешімдерді қолдануды кеңейту, сондай-ақ жаңартылатын энергия көздерін белсендірек енгізу кіреді. Болашақ зерттеулер жанама өнімдерді өңдеудің жаңа әдістерін әзірлеуге, соның ішінде сарысудан жаңа функционалды тағамдық ингредиенттерді жасауға бағытталуы мүмкін.

Осылайша, бұл зерттеу тұздалған ірімшіктерді өндірудің өзіндік құнын төмендету мүмкіндіктері туралы ғылыми

білімнің дамуына ықпал етеді. Әзірленген тәсілдерді олардың тұрақты дамуына, қоршаған ортаның ізін азайтуға және экономикалық тиімділікті арттыруға ықпал ете отырып, сүт өнімдерін өндіретін кәсіпорындарда бейімдеуге және қолдануға болады. Ұсынылған шешімдерді енгізу кәсіпорындарға бәсекеге қабілеттілікті арттырып қана қоймай, сонымен қатар табиғи және энергетикалық ресурстарды ұтымды пайдаланудың заманауи талаптарына жауап беруге мүмкіндік береді.

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. MEMCT 52686-2011. Тұздалған ірімшіктер. Жалпы техникалық шарттар. – М.: Стандартиформ, 2011.
2. Карпенко Е.А., Сидорова Н.В. Современные тенденции в производстве сыра: научный обзор. – М.: Наука, 2019.
3. Иванова Г.Н., Петров Д.В. Инновационные технологии переработки молока. – Санкт-Петербург: Лань, 2018.
4. Смирнов А.Л. Экономическая эффективность автоматизации производства молочных продуктов. – Казань: Казанский университет, 2020.
5. MEMCT 34398-2018. Сүт өнімдері. Энергетикалық құндылықты анықтау. – М.: Стандартиформ, 2018.
6. Пищальников А.В. Технология сыроделия: современные задачи и перспективы развития. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2021.
7. Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., & McSweeney, P.L.H. Fundamentals of Cheese Science. – Springer, 2017.
8. McSweeney, P.L.H., & O'Mahony, J.A. (2020). Advanced Chemistry of Dairy Products: Volume 1A – Proteins: Main Aspects. Springer.
9. Baxter, J.M. (2018). Cheese production technology. Wiley-Blackwell.
10. Broadbent, J.R., Hawke, K., Johnson, M.E., & Steele, J.L. (2019). The role of probiotics in cheese fermentation and health benefits. Journal of Dairy Science, 102(2), 1054–1071.
11. Gonzalez de Llano, D., Ramos, M., & Polo, M.K. (2021). Energy efficiency in milk processing: prospects for sustainable development. Food Science and Technology, 34(3), 347–365.
12. Poveda, J.M., Esteban, M.D., & Clemente, G. (2020). Renewable energy sources in the dairy industry. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 129, 109908.
13. MEMCT 52686-2011. Тұздалған ірімшіктер. Жалпы техникалық шарттар. – М.: Стандартиформ, 2011.
14. Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., & McSweeney, P.L.H. (2017). Fundamentals of Cheese Science. Springer.

14. Broadbent, J.R., Houck, K., Johnson, M.E., & Steele, J.L. (2019). The Role of Probiotics in Cheese Fermentation and Health Benefits. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1054–1071.

15. Poveda, J.M., Esteban, M.D., & Clemente, G. (2020). Renewable Energy in Dairy Industry: A Review of Sustainable Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 129, 109908.

16. González de Llano, D., Ramos, M., & Polo, M.C. (2021). Energy Efficiency in Dairy Processing: A Sustainability Perspective. *Food Science and Technology*, 34(3), 347–365.

17. Степанов В.М. Современные технологии производства сыра: инновационные подходы. – М.: Машиностроение, 2020.

18. Волков В.В., Иванов И.И. Устойчивое развитие молочной промышленности: экспериментальные исследования и практические рекомендации. – М.: Наука, 2018.

19. Шульгин В.Ю. Экологическая эффективность в производстве молочных продуктов: от теории к практике. – Санкт-Петербург: Полимериздат, 2019.

20. Петрова О.Н., Соколов А.М. Инновационные методы контроля качества сыра. – М.: Технология, 2021.

21. Кузнецов А.В. Новые подходы к использованию возобновляемых источников энергии в молочной промышленности. – Казань: Казанский университет, 2020.

#### REFERENCES

1. MEMST 52686-2011. Tuzdalğan irimshikter. Zhalpy tekhnikalıq sharttar. [Salted Cheeses. General Technical Requirements] – M.: Standartinform, 2011. (In Kazakh)

2. Karpenko E.A., Sidorova N.V. Sovremennye tendentsii v proizvodstve syra: nauchnyy obzor. [Modern Trends in Cheese Production: A Scientific Review] – M.: Nauka, 2019. (In Russian)

3. Ivanova G.N., Petrov D.V. Innovatsionnye tekhnologii pererabotki moloka. [Innovative Technologies for Milk Processing] – Sankt-Peterburg: Lan', 2018. (In Russian)

4. Smirnov A.L. Ekonomicheskaya effektivnost' avtomatizatsii proizvodstva molochnykh produktov. [Economic Efficiency of Automating Dairy Production] – Kazan': Kazanskiy universitet, 2020. (In Russian)

5. MEMST 34398-2018. Süt önimderi. Energetikalıq qundılyqı anyqtau. [Dairy Products. Determination of Energy Value] – M.: Standartinform, 2018. (In Kazakh)

6. Pishchalnikov A.V. Tekhnologiya syrodela: sovremennye zadachi i perspektivy razvitiya. [Cheese-making Technology: Modern Challenges and Prospects for Development] – Rostov-na-Donu: Feniks, 2021. (In Russian)

7. Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., & McSweeney, P.L.H. *Fundamentals of Cheese Science*. – Springer, 2017.

8. McSweeney, P.L.H., & O'Mahony, J.A. (2020). *Advanced Chemistry of Dairy Products: Volume 1A – Proteins: Main Aspects*. – Springer.

9. Baxter, J.M. (2018). *Cheese production technology*. – Wiley-Blackwell.

10. Broadbent, J.R., Hawke, K., Johnson, M.E., & Steele, J.L. (2019). The role of probiotics in cheese fermentation and health benefits. – *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1054–1071.

11. Gonzalez de Llano, D., Ramos, M., & Polo, M.K. (2021). Energy efficiency in milk processing: prospects for sustainable development. – *Food Science and Technology*, 34(3), 347–365.

12. MEMST 52686-2011. Tuzdalğan irimshikter. Zhalpy tekhnikalıq sharttar. [Salted Cheeses. General Technical Requirements] – M.: Standartinform, 2011. (In Kazakh)

13. Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., & McSweeney, P.L.H. (2017). *Fundamentals of Cheese Science*. – Springer, 2017.

14. Broadbent, J.R., Houck, K., Johnson, M.E., & Steele, J.L. (2019). The Role of Probiotics in Cheese Fermentation and Health Benefits. – *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1054–1071.

15. Poveda, J.M., Esteban, M.D., & Clemente, G. (2020). Renewable Energy in Dairy Industry: A Review of Sustainable Technologies. – *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 129, 109908.

16. González de Llano, D., Ramos, M., & Polo, M.C. (2021). Energy Efficiency in Dairy Processing: A Sustainability Perspective. – *Food Science and Technology*, 34(3), 347–365.

17. Stepanov V.M. Sovremennye tekhnologii proizvodstva syra: innovatsionnye podkhody. [Modern Technologies of Cheese Production: Innovative Approaches] – M.: Mashinostroenie, 2020. (In Russian)

18. Volkov V.V., Ivanov I.I. Ustoichivoye razvitie molochnoy promyshlennosti: eksperimental'nye issledovaniya i prakticheskie rekomendatsii. [Sustainable Development of the Dairy Industry: Experimental Studies and Practical Recommendations] – M.: Nauka, 2018. (In Russian)

19. Shulgin V.Yu. Ekologicheskaya effektivnost' v proizvodstve molochnykh produktov: ot teorii k praktike. [Environmental Efficiency in Dairy Production: From Theory to Practice] – Sankt-Peterburg: Polimerizdat, 2019. (In Russian)

20. Petrova O.N., Sokolov A.M. Innovatsionnye metody kontrolya kachestva syra. [Innovative Methods for Quality Control of Cheese] – M.: Tekhnologiya, 2021. (In Russian)

21. Kuznetsov A.V. Novye podkhody k ispol'zovaniyu vozobnovlyаемых источников energii v molochnoy promyshlennosti. [New Approaches to the Use of Renewable Energy Sources in the Dairy Industry] – Kazan': Kazanskiy universitet, 2020. (In Russian)