

УДК 339.56

DOI: <https://doi.org/10.32782/easterneurope.36-15>

## ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІНДУСТРІЇ 4.0 В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ЯКОСТІ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

### IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF INDUSTRY 4.0 IN THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF DAIRY PRODUCTS

**Чуприна М.О.**

кандидат економічних наук, доцент,  
доцент кафедри менеджменту підприємств,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Пермінова С.О.**

кандидат педагогічних наук, доцент,  
доцент кафедри менеджменту підприємств,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Ситник Н.І.**

кандидат біологічних наук, доцент,  
доцент кафедри менеджменту підприємств,  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

**Chuprina Margaryta, Perminova Svitlana, Sytnik Natalia**  
National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute"

*Обґрунтовано важливість забезпечення якості молочної продукції для її подальшого споживання. Доведено, що контроль якості продукції є складовою системи управління якістю, яка, в свою чергу, є частиною системи управління молокопереробним підприємством в цілому. Проаналізовано два види контролю якості, що охоплюють всі стадії життєвого циклу виробництва та акцентована увага, що при їх проведенні здійснюється контроль за усіма необхідними параметрами. Висвітлено зміст програми забезпечення якості (QAP), яка застосовується на підприємствах молокопереробної галузі, а також зазначена необхідність впровадження інтегрованих програм, таких як Chain Quality Milk. Визначені недоліки застосування Chain Quality Milk у досліджуваній галузі, а саме: програми контролю якості можуть бути успішними лише за наявності належної основи для їх впровадження. Наведено приклади інтеграції Індустрії 4.0 в молокопереробну галузь на основі компанії Tetra Pak, яка випустила гомогенізатор Tetra Pak Homogenizer 250, першого з нового покоління гомогенізаторів з вдосконаленим інтелектуальним управлінням. Виявлено, що все частіше лінії компанії Tetra Pak підключаються до хмари для збору даних, а інформація надсилається до Центру управління якістю та ефективністю виробництва, де їх аналізують експерти. Також підкреслено, що інноваційні технології Індустрії 4.0 можуть бути впроваджені на всіх стадіях виробничих систем заводу, включаючи моніторинг навколишнього середовища. Доведено необхідність розроблення та впровадження стратегії вдосконалення та посилення оптимізації виробничого процесу у практику управління на молокопереробних підприємствах.*

**Ключові слова:** забезпечення якості продукції, Chain Quality Milk, система управління, Індустрія 4.0, інноваційні технології.

*The importance of ensuring the quality of dairy products for its further consumption is substantiated. It is proved that product quality control is a component of the quality management system, which, in turn, is part of the management system of the dairy enterprise as a whole. It was determined that quality management, like enterprise management, should be effective and aimed at constantly improving the quality of products, increasing the satisfaction of consumer needs. Two types of quality control are analyzed, covering all stages of the production life cycle and during*

*their control all necessary parameters are controlled. A quality assurance program (QAP) is highlighted, which aims to monitor and control hazards and risks through product testing and the implementation of codes of practice and standard operating procedures throughout the production chain. The importance of implementing integrated programs such as Chain Quality Milk is substantiated. Disadvantages of the application of the integrated Chain Quality Milk program in the researched industry are identified, namely: quality control programs can be successful only if there is a proper basis for their implementation. Examples of the integration of Industry 4.0 into the milk processing industry are presented based on the Tetra Pak company, which released the Tetra Pak Homogenizer 250, the first of a new generation of homogenizers with improved intelligent control. The intelligent system is based on the analysis of application performance data accumulated over the past five years from 7,000 homogenizers installed worldwide. It has been found that Tetra Pak's lines are increasingly connected to the cloud for data collection, and information is sent to the Center for Quality and Efficiency Management, where they are analyzed by experts. It is also emphasized that Industry 4.0 technologies can be implemented at all stages of the plant's production systems, including environmental monitoring. The directions of further research are outlined, namely: improvement of the mechanism of implementation of innovative technologies of Industry 4.0 at domestic enterprises and analysis of changes that took place under their influence.*

**Keywords:** product Quality Assurance, Chain Quality Milk, management System, Industry 4.0, innovative technologies.

**Постановка проблеми та актуальність дослідження.** Розвиток вітчизняної та світової індустрії в молокопереробній галузі безпосередньо пов'язаний з розробкою стратегії тестування аналізу небезпеки як сировини, так і готової продукції. Це обумовлює необхідність відбору проб та аналізу протягом усього процесу переробки молока: від збору на рівні ферми, до прийому на заводі щоденників, етапів переробки та кінцевої продукції. Молоко має короткий термін зберігання; однак такі продукти, як сухе молоко, дозволили розвиватись світової промисловості. Отже, тестування аналізу небезпеки слід розглядати, як необхідним етапом виробничого циклу, але деякі тести можуть бути зайвими. Саме тому життєво важливо визначити стратегії оптимізації контролю якості продукції. Вплив Індустрії 4.0 для виробництва молочної продукції полягає у впровадженні аспектів операційної досконалості та впровадженні інноваційних інформаційно-комунікаційних технологій контролю якості продукції. Зазначимо, що сучасний етап розвитку молочної галузі в умовах Індустрії 4.0 характеризується переважно активним технічним обслуговуванням та оптимізацією виробничих та логістичних ланцюгів, таких як, роботизовані доїльні машини та автоматизація ліній переробки та упаковки, посилені датчиками для швидкого хімічного та мікробного аналізу з покращеним управлінням даними в режимі реального часу.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питанню вивчення управління якістю молочної продукції присвячено чимало праць вітчизняних учених-економістів. Серед них виділяються такі науковці як, В. Антощенко, О. Богомол, О. Сафонова, О. Шаповаленко, Л. Шкоропад та ін. [1; 2; 3; 4; 5].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Віддаючи належне теоретичній та практичній цінності попередніх здобутків, існує потреба саме у дослідженні впливу Індустрії 4.0 на виробництва молочної продукції та забезпечення її якості.

**Постановка завдання.** Метою даної статті є дослідження процесу забезпечення якості молочної продукції на всіх стадіях її виробництва та визначення впливу Індустрії 4.0 на розвиток вітчизняних підприємств молокопереробної промисловості.

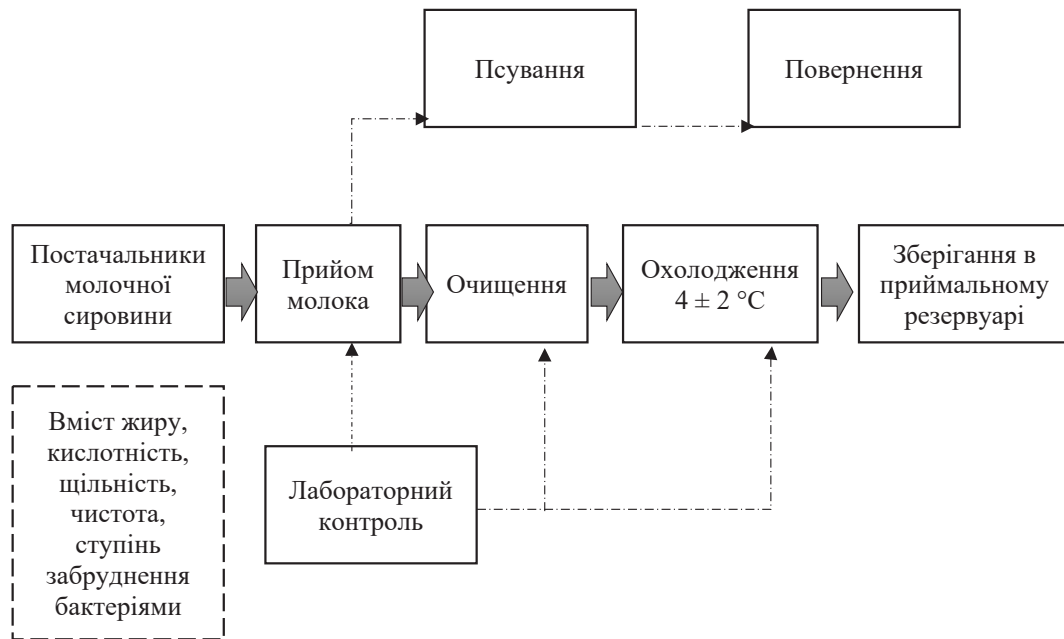
**Виклад основного матеріалу дослідження.** Зазначимо, що на підприємствах з виробництва молока та молочних продуктів здійснюється всебічний моніторинг виробництва (від вхідного контролю сировини до контролю якості готової продукції), а саме: сировини та матеріалів, процесів виробництва молочної продукції та напівфабрикатів, використовуюваного вимірювального обладнання за виробництвом проводиться виробування молочних продуктів та вхідний контроль сировини.

Контроль якості охоплює всі стадії життєвого циклу виробництва і при його проведенні контролюються всі необхідні параметри (рис. 1). У зв'язку з цим у молочному виробництві використовуються різні види контролю якості: вхідний, експлуатаційний та приймально-контрольний [1].

Другий тип контролю, який здійснюється на виробництві молока, є діючим. Контроль у процесі виробництва включає контроль якості напівфабрикатів та продукції на стадіях виробництва, а також контроль дотримання технологічних параметрів та формул з метою запобігання ненавмисному переходу на наступні етапи виробництва невідповідної продукції та попередження відхилень що може призвести до виробництва невідповідної готової продукції.

Контроль приймання готової молочної продукції проводиться з метою виключити надходження споживачем невідповідної продукції. Кожна партія сировини, що надходить на підприємство, піддається аналізу. Органолептичні показники та найважливіші фізико-хімічні властивості сировини визначаються постійно, відповідно до вимог робочої процедури [2].

Отже, на думку авторів, контроль якості продукції слід розглядати як складову системи управління якістю, яка, в свою чергу, є частиною



**Рис. 1. Блок-схема прийому молочної сировини**

*Джерело: систематизовано авторами за даними [1]*

системи управління розвитком підприємства в цілому. Управління якістю, як і управління підприємством, повинно бути ефективним та спрямованим на постійне поліпшення якості продукції, підвищення задоволеності потреб споживачів.

Першою реакцією підприємств молокопереробної промисловості на попит суспільства стосовно контролю якості стала розробка програм забезпечення якості (QAP) у сферах мікробіологічної небезпеки та контролю залишків, які все ще орієнтовані на продукцію. QAP націлений на моніторинг та контроль цих небезпек та ризиків шляхом випробування продукції та впровадження кодексів практики та стандартних операційних процедур у всьому виробничому ланцюгу. Зазначимо також, що нещодавно питання добробуту тварин та забруднення навколишнього середовища та контроль за ними також вирішувались за допомогою більш інтегрованих програм, таких як Chain Quality Milk (CQM).

Ця програма була започаткована у Нідерландах у 1998 р. завдяки спільним діям Нідерландської асоціації фермерів та національної молочної галузі та є обов'язковим для застосування молочними фермерами. Голландський CQM складається з шести модулів:

1. Здоров'я та добробут тварин.
2. Обробка та зберігання протимікробних продуктів.
3. Збір та зберігання молока.
4. Процедури гігієни та дезінфекції.
5. Корм.
6. Навколишнє середовище, управління водою та відходами [6].

Отже, впровадження програми CQM може вказувати на певні критичні проблеми на фермі, такі як ступінь внесення в організм збудників гною, таких як сальмонела та *Mycobacterium paratuberculosis*.

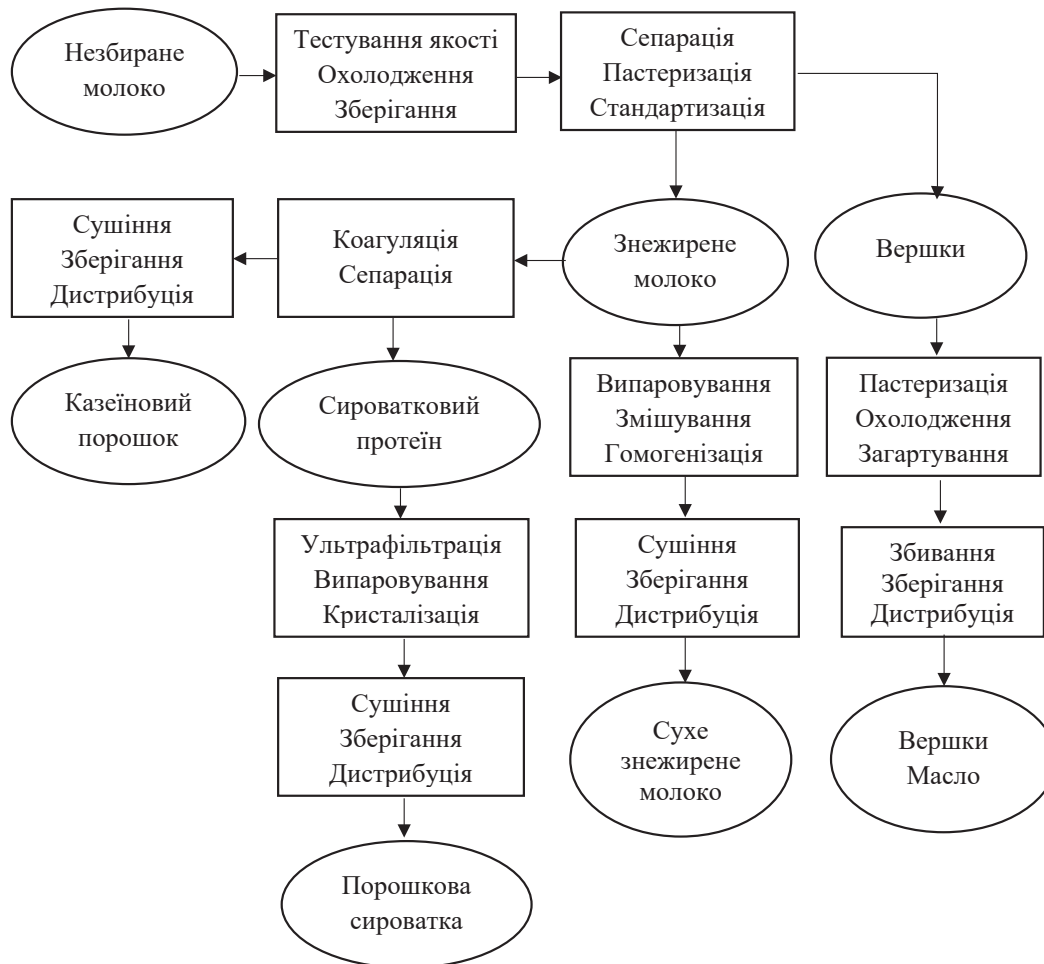
Недоліками програми CQM є те, що вона не є специфічною для господарства, і що таке ставлення чи ментальність не можна по-справжньому продемонструвати третім особам, що потрібно для сертифікації. З іншого боку, здається, що програми контролю якості можуть бути успішними лише за наявності належної основи для їх впровадження; CQM допомагає у створенні цього фундаменту, підвищуючи обізнаність фермера [3; 4].

Свіже рідке молоко вимагає найкращого сирого молока і, як правило, позначається як сорт «А». Цей сорт вимагає вищого рівня санітарії та контролю на фермі, ніж це необхідно для молока «виробничого сорту».

Сире молоко, яке надходить на переробний завод, тестується перед вивантаженням або з автоцистерн, що працюють на фермі, або з позашляхових автоцистерн. Молоко перевіряється на наявність запаху, зовнішнього вигляду, належної температури, кислотності, бактерій та наявності залишків ліків. Ці тести займають не більше 10–15 хвилин. Якщо завантаження резервуарів проходить ці випробування, молоко перекачується в холодильні резервуари для зберігання на заводі. Потім молоко зберігається найкоротший час.

Основні етапи переробки рідкого молока в різні молочні продукти показані на рис. 2.

Пастеризація є найбільш важливою у всіх переробках молочної продукції. Це біологічний



**Рис. 2. Процес виробництва молочної продукції**

*Джерело: систематизовано авторами за даними [1; 5]*

захист, який забезпечує знищення всіх потенційних патогенів. Широке дослідження встановило, що нагрівання молока до 63°C протягом 30 хвилин або 72°C протягом 15 секунд вбиває найбільш стійкі шкідливі бактерії. На практиці ці температури та час перевищуються, тим самим не лише забезпечуючи безпеку, але й продовжуючи термін зберігання.

Більшість сучасних виробництв використовують сепаратор для контролю вмісту жиру в різних продуктах. Сепаратор – це високошвидкісна центрифуга, яка діє за принципом того, що вершки або жир легші за інші компоненти молока (питома вага знежиреного молока становить 1,0358, питома вага жирних вершків 1,0083). Центрифугування призводить до того, що знежирений матеріал, щільніший за вершки, збирається біля зовнішньої стінки чаші. Легшу частину (вершки) зміщують до центру та відводять трубами для подальшого використання.

Молоко гомогенізується, щоб запобігти тому, щоб глобули жиру плавали зверху і утворювали вершковий шар або кремову пробку. Гомогенізатори представляють собою насоси

високого тиску, оснащені спеціальним клапаном на нагнітальному кінці. Вони призначені для руйнування жирових кульок від їх нормального розміру до 18 мікрметрів до діаметра менше 2 мікрметрів (мікрметр становить одну мільйонну частину метра). Гаряче молоко (з жиром у рідкому стані) перекачується через клапан під високим тиском, що призводить до рівномірного та стабільного розподілу жиру по молоку

На сьогодні понад 75,0% роздрібного продажу припадає на напівпрозорі пластикові пляшки. Скляні пляшки складають менше 0,5% бізнесу і використовуються здебільшого в спеціалізованих магазинах з продажу молочної продукції та для доставки додому.

Сучасні пакувальні машини самоочищаються та забезпечують асептичне середовище для упаковки молока. Їх вдосконалий дизайн дозволив молоку залишатися свіжим протягом принаймні 14 днів і зробив можливим використання ультрапастеризуючого обладнання для продовженого терміну придатності [5].

Цифровізація виробничих процесів все більше забезпечує впровадження Індустрії 4.0 на

молокопереробних підприємствах. Інноваційні технології в повільно інтегруються як на рівні ферм, так і на молокопереробних заводів.

На рівні ферм прикладом впровадження робототехніки є автоматизовані доїльні зали. Корови потрапляють у дані зали без спонукання, і деяких з них доять три рази на день, збільшуючи молочний продукт для фермера. Мікро-чіпи на коровах дозволяють інтегрувати дані про них на комп'ютерних базах, в яких збирається величезна кількість даних, включаючи кількість кроків, частота жування кормів тощо. Термін використання робототехнічних доїльних машин приблизно 13 років, а потім необхідні подальших інвестицій в оновлення устаткування.

Визначення часу, коли корова перебуває в теплі для ефективного розмноження, доступне за допомогою додатком MooCow, розробленої Dairy Master (Ірландія), разом з додатком MooMonitor для керівництва коровами у приміщенні. Також заслуговує на увагу, створений компанією MooCall, датчик, прикріплений до коров'ячого хвоста, який може контролювати ситуацію під час народження телят і відправляти SMS-повідомлення фермеру [6].

Новаторський проєкт компанії Tetra Pak дозволив у 2018 році розпочати використання у виробничому процесі гомогенізатора Tetra Pak Homogenizer 250, першого з нового покоління гомогенізаторів з вдосконаленим інтелектуальним управлінням. Одним з основних аспектів розумної системи є постійний моніторинг. Завдяки серії датчиків на критичних частинах гомогенізатора система може визначити, коли машина має проблеми та вимагає уваги.

Розумна система базується на аналізі даних про ефективність застосування, що накопичені за останні п'ять років від 7000 гомогенізаторів, встановлених у всьому світі. Аналіз здійснюється в режимі реального часу на основі показників від датчиків тиску, вібрації та провідності, вбудованих в новий гомогенізатор, щоб передбачити, коли деталі зносяться і потребують заміни.

Наступним кроком є збереження всіх цих даних у хмарі для постійного оновлення бази даних. Потік даних з усіх підключених підрозділів та виробничих ліній може бути використаний, щоб отримати більше інформації, яка використовується для розкриття значущих уявлень за допомогою розширеного аналізу.

Все частіше лінії компанії Tetra Pak підключаються до хмари для збору даних, а інформація надсилається до Центру управління якістю та ефективністю виробництва. Там дані аналізуються експертами, які мають доступ до даних про ефективність з тисяч інших підключених блоків. Вони можуть дати висококваліфіковані рекомендації, щоб уникнути незапланованих простоїв. Це дозволило компанії Tetra Pak запропонувати послугу інтелектуального технічного обслуговування, яка пропонується на підставі договорів про обслуговування [7]. Це лише одна з багатьох нових можливостей діджиталізації, які відкриває впровадження інноваційних технологій.

Зазначимо також, технології Індустрії 4.0 можуть бути впроваджені на всіх стадіях виробничих систем молокопереробного підприємства, включаючи моніторинг навколишнього середовища.

**Висновки з даного дослідження.** Отже, за результатами проведеного дослідження можна зробити висновок, що у практиці управління молокопереробними підприємствами саме розробка та впровадження стратегії вдосконалення та посилення оптимізації процесу переробки сировини є життєво важливим. Швидке погіршення стану молочних продуктів змушує переробників молока критично оптимізувати та планувати графіки виробництва. Бізнес-моделі, що розробляються, повинні мати за мету зменшення або усунення будь-яких витрат часу та ресурсів, непотрібних витрат, вузьких місць та помилок у процесі створення якісного продукту.

Розвиток подальших досліджень в даному напрямку доцільно спрямовати на вдосконалення механізму впровадження інноваційних технологій Індустрії 4.0 на вітчизняних підприємствах та аналіз змін, які відбулись під їх впливом.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Богомолів О. В., Сафонова О. М., Шаповаленко О. І. Управління якістю переробних і харчових виробництв : навч. посіб. Харків : Еспада, 2006. 294 с.
2. Антощенко В. В. Державне регулювання і підтримка молочної галузі в умовах євроінтеграції. *Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Серія «Економічні науки»*. 2018. № 4. С. 201–209.
3. Закревська Л. М. Проблеми стандартизації молокопереробних підприємств України в рамках ЄС. *Економіка та управління підприємствами*, 2017. № 11. С. 54–57.
4. Карпенко А. В. Управління якістю продукції як ключовий фактор забезпечення конкурентоспроможності продукції молокопереробних підприємств. *Економіка та управління підприємствами*. 2017. № 20. С. 345–350.
5. Шкоропад Л. Якість та конкурентоспроможність вітчизняної молочної продукції. *Техніка і технології АПК: науково-виробничий журнал*. 2012. № 1. С. 34–36.
6. Strategien der Lebensmittelsicherheit / Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. URL: [http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/StrategienLebensmittelsicherheit.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/StrategienLebensmittelsicherheit.pdf?__blob=publicationFile) (дата звернення: 30.09.2022).
7. The digital future of dairies: automation and its effects. URL: <https://processinginsights.tetrapak.com/automation-dairy-process> (дата звернення: 26.09.2022).

**REFERENCES:**

1. Bogomolov, O. V. Safonova, O. M. Shapovalenko, O. I. (2006) *Upravlinnia iakistiu pererobnykh i kharchovykh vyrobnytstv* [Quality management of processing and food industries]. Kharkiv.
2. Antoshenkova, V. V. (2018) State regulation and support of the dairy industry in the conditions of European integration. *Visnyk KhNAU im. V.V. Dokuchaieva*, no. 4, pp. 201–209.
3. Zakrevska, L. M. (2017) Problems of standardization of milk processing enterprises of Ukraine within the framework of the EU. *Ekonomika ta upravlinnia pidpriemstvamy*, no. 11, pp. 54–57.
4. Karpenko, A. V. (2017) Product quality management as a key factor in ensuring the competitiveness of dairy products. *Ekonomika ta upravlinnia pidpriemstvamy*, no. 20, pp. 345–350.
5. Shkoropad, L. (2012) Quality and competitiveness of domestic dairy products. *Tekhnika i tekhnolohii APK*, no. 1, pp. 34–36.
6. The official site of Federal Ministry Of Food And Agriculture (2014) Strategies of food safety. Available at: [http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/StrategienLebensmittelsicherheit.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/StrategienLebensmittelsicherheit.pdf?__blob=publicationFile) (accessed 30 September 2022).
7. The digital future of dairies: automation and its effects. Available at: <https://processinginsights.tetrapak.com/automation-dairy-process> (accessed 26 September 2022).