

порядку. Дисперсія мікроорганізмів – гетерогенна система, і її окиснення відбувається за реакцією псевдодругого порядку, очевидно, тільки на поверхні клітин.

1. Rooze J. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2013, 20, 2. Avramovic J. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 2012, 18, 115. 3. Kargar M.: *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 2012, 9, 32. 4. Chu C., Lee D.J. et al. *Water Resources*, 2012, 36, 2681. 5. Chu C., Chang B. V. et al.: *Water Resources*, 2011, 35, 1038. 6. Hogan F., Mormedi S. et al. *Water Science Technology*, 2008, 50, 25. 7. Gao S.: *Ultrasonics Sonochemistry*, 2014, 21, 454. 8. Jomdecha C. et al. *The research of low-ultrasonic energy affects to yeast growth in fermentation process. 12th A-PCNDT 2006 – Asia-Pacific Conference on NDT*, 2006, 6.. 9. Doosti M. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 2012, 2, 96. 10. Tsukamoto I. et al. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2006, 11, 61. 11. Nam S. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2007, 10, 139

УДК 637.07+658.562

О. В. Малик¹, Н. Ю. Голець, Ю. О. Малик
Національний університет "Львівська політехніка",
¹кафедра метрології, стандартизації та сертифікації,
кафедра екології та збалансованого природокористування

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ МОЛОКА ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

© Малик О. В., Голець Н. Ю., Малик Ю. О., 2016

Сьогодні людина все менше довіряє якості вироблених продуктів. Це пов'язано з погіршенням умов навколишнього середовища, а також із низьким контролем якості в процесі виробництва продуктів харчування. У статті вивчено та проаналізовано різні методи визначення основних показників якості та безпечності молока для запобігання загрози життю та здоров'ю людей та довкіллю. Запропоновано заходи запобігання фальсифікації товарів та обману покупців під час продажу товарів та підвищення екологічної безпеки харчової продукції, оскільки це є одним з основних елементів добробуту населення країни.

Ключові слова: молоко, якість, аналіз, безпека, методи дослідження.

O. V. Malyk, N. Yu. Holets, Yu. O. Malyk

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF NEW PRODUCTS AND METHODS OF RAPID CONTROL CHARACTERISTICS OF QUALITY AND SAFETY PRODUCTS (SUBSTANCES)

© Malyk O. V., Holets N. Yu., Malyk Yu. O., 2016

In modern world people are less confident in the quality of manufactured products. This is due to the deteriorating environmental conditions and low quality control in the production of food. The paper studied and analyzed various methods of determining the basic quality and safety of milk to prevent danger to life and health and the environment. Measures to prevent falsification of products and prevent cheating customers when selling goods and increase environmental safety of food as it is a key element of the welfare of the population are proposed.

Key words: milk, quality, analysis, safety, research methods.

Вступ. Екологічна безпека продуктів харчування – глобальна проблема, оскільки зачіпає не лише здоров'я людини, але й впливає на всю економіку країни. Якість продуктів харчування впливає на рівень життя, соціальну активність людини, демографічний аспект його існування.

Тому, щоб забезпечити високий рівень життя людини в державі, розвиток економіки, необхідно приділяти екологічній безпеці продуктів харчування більше уваги.

У сучасних умовах людина все менше довіряє якості вироблених продуктів. Це пов'язано з погіршенням умов навколишнього середовища, а також із низьким рівнем контролю якості в процесі виробництва продуктів харчування.

Постановка проблеми. Сьогодні існує серйозна проблема контролю молока-сировини за вмістом різних сторонніх домішок і визначення показників безпеки, а також визначення кількості важких металів, пестицидів, афлатоксинів, нітратів, нітритів тощо. Дослідження параметрів молока як важливого харчового продукту є складним завданням через його багатокomпонентний індивідуальний склад. У молоці нормуються, відповідно до чотирьох гатунків, крім мікробіологічних, такі показники, як кислотність, густина, масова частка сухих речовин (білок, жир), температура. Сьогодні існують дані, що в Україні мало не щотижня дорослі і діти потрапляють до лікарень через неякісні молочні продукти, при цьому такі прикрі інциденти не тільки створюють загрозу життю і здоров'ю людей, але і значно погіршують екологічну ситуацію. Тому екологічна безпека продуктів харчування – комплексна проблема, вирішувати яку покликані як біохіміки, мікробіологи, так і виробники, санітарно-епідеміологічні служби і, звичайно, державні органи [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проаналізовані публікації ознайомлюють із шляхами забруднення продуктів харчування шкідливими речовинами в процесі технології виготовлення (нітратами, радіонуклідами, пестицидами та ін.), їх вплив на здоров'я людей, а також заходами щодо зменшення вмісту цих речовин у продовольчій сировині і продуктах харчування. Також розкривають сутність і види фальсифікації продовольчих товарів, її негативні наслідки.

Аналізуючи існуючі методи визначення основних показників якості та безпечності молока, можна дійти висновку, що використання для цього стандартних лабораторних методів потребує багато часу, високоякісних приладів, спеціальних лабораторій та кваліфікованого персоналу.

Мета статті. Враховуючи сучасні проблеми з якістю харчової продукції та основні недоліки її нормування в Україні, розглянуто основні напрями вдосконалення метрологічного забезпечення, оцінювання та опрацювання результатів експериментальних досліджень та вимірювання не лише показників якості та безпеки, але й ідентифікаційних ознак продукту, що призвело до необхідності розширеного застосування методів контролю і збільшення кількості вимірюваних показників. Запропоновано заходи попередження фальсифікації товарів та запобігання обману покупців під час продажу товарів та підвищення екологічної безпеки харчової продукції, оскільки це є одним з основних елементів добробуту населення країни [2].

Основний матеріал. Методи дослідження якості молока умовно можна поділити (рисунок) на хімічні та фізико-хімічні. Виділяють окрему групу методів дослідження якості молока – це експрес-методи, що належать до інструментальних методів контролю та полягають у швидкому та оперативному визначенні показників якості та безпечності молока. Експрес-методи ґрунтуються на тих самих чи аналогічних хімічних реакціях, що і стандартні методи аналізу.

Сьогодні для визначення такого якісного показника молока, як вміст молочного жиру найчастіше застосовують класичний стандартний кислотний метод. Цей спосіб визначення масової частки жиру передбачає декілька операцій. У досліджуваній зразок молока додають сірчану кислоту та ізоаміловий спирт для того, щоб зруйнувати оболонки кульок жиру, підігрівають та центрифугують досліджуваний зразок. За допомогою жироміра підраховують кількість молочного жиру в молоці у відсотках. Похибка під час вимірювання жиру не повинна перевищувати 0,5 %.

Показники властивостей молочного жиру називають числами, або константами та оцінюють за стандартними характеристиками (число Рейхерта–Мейссля та йодне число).

Особливістю молочного жиру є наявність у ньому низькомолекулярних жирних кислот (капронової, каприлової, лауринової, миристинової), які надають молочному жиру специфічного

приємного смаку. У молочному жирі переважають насичені високомолекулярні жирні кислоти, а серед ненасичених – олеїнова кислота. Наприклад, визначаючи число Рейхарта–Мейсля, ідентифікують тваринні та рослинні жири. Ще однією константою, за якою молочний жир відрізняється від рослинних жирів, є йодне число. Воно характеризує вміст ненасичених жирних кислот у власне молочному жирі і виражається вмістом йоду в грамах в 100 г жиру.

Однак той факт, що найпоширеніші сьогодні так звані тропічні жири (пальмова олія) найближчі за йодним числом до молочного жиру, знецінює цей метод контролю.

Розглянуті способи, засновані на визначенні констант молочного жиру, належать до стандартних способів хімічного методу, що дає змогу оцінити особливості хімічного і, зокрема, жирнокислотного складу жирової фази молока.

Спосіб К'ельдаля ґрунтується на спалюванні органічних компонентів зразка досліджуваного молока з використанням сірчаної кислоти; азот, який при цьому вивільняється, визначають титруванням і за його кількістю обчислюють вміст азоту. Через свою тривалість і складність цей спосіб найчастіше використовують як арбітражний метод.

Вміст білка у молоці можна також визначати за допомогою способу формольного титрування, який ґрунтується на нейтралізації карбоксильних груп моноаміно-дикарбонових кислот білків розчином гідроксиду натрію, кількість якого, витрачена на нейтралізацію, прямо пропорційна до масової частки білка у молоці.

Цей спосіб використовують для контролю товарного молока, що надходить на переробні підприємства, оскільки він не вимагає високої кваліфікації працівників, і похибка є значно вищою при фальсифікації товарного молока. Недоліком цього способу є те, що його неможливо використати, якщо молочна сировина пройшла термічну обробку.

Вміст білка у молоці нормується згідно зі стандартом і може визначатися також і фізико-хімічним методом.

Одними з найважливіших стандартних параметрів молока, який обов'язково контролюють при прийманні молока, є густина, яка повинна бути не меншою за 1023 кг/м^3 . Густина молока складається із густини його складників та відображає їх кількісне співвідношення і коливається від 1027 кг/м^3 до 1032 кг/м^3 , а густина знежиреного молока вища від густини незбираного і становить 1036 кг/м^3 . Нормується густина у молоці ареометричним способом і залежить від температури молока та його складових. При змішуванні натурального молока з водою густина зменшується і наближається до одиниці. При цьому кожні 10 % добавленої води зменшують густину молока приблизно на 3 кг/м^3 [3].

У молоці можна ще контролювати такий показник, як точка замерзання (кріоскопічний спосіб), який поряд з нормуванням густини також свідчить про вміст води у молоці. Точка замерзання молока становить $-0,52 \text{ }^\circ\text{C}$ для вищого, першого та екстрагатурнів. Температура замерзання молока в середньому коливається від $-0,54 \text{ }^\circ\text{C}$ до $-0,57 \text{ }^\circ\text{C}$. Цей показник — величина доволі постійна, тому за нею можна встановити ступінь розбавлення молока водою. В середньому точка замерзання молока підвищується при додаванні 1 % води на $0,005 \text{ }^\circ\text{C}$ [4].

Сьогодні часто використовують також і такі способи фізико-хімічного методу дослідження молока, як оптичні, електрохімічні, електрофоретичні, хроматографічні та інші.

Масову частку молочного жиру у молоці можна визначати за способами, які основані на оптичних методах аналізу. За ультразвуковим способом також визначають густину, вміст білка, СЗМЗ та лактози. Ультразвуковий спосіб ґрунтується на принципі вимірювання параметрів ультразвукових коливань при проходженні їх через пробу молока за двох заданих значень температури і подальшої обробки цих параметрів за заданим алгоритмом. З погляду спектральних властивостей молоко має здатність як поглинати, так і розсіювати випромінювання інфрачервоного діапазону в області $\lambda=3\text{--}10 \text{ мкм}$.

Турбидиметричний спосіб визначення масової частки жиру у молоці полягає у вимірюванні ступеня послаблення променистого потоку світлорозсіювання шаром кульок жиру молока.

За допомогою реологічних способів дослідження якості молока аналізують деформацію досліджуваного молока та його поведінку під дією зовнішніх факторів. Реологічні властивості молока використовують для оцінювання його консистенції як одного з основних показників його якості. Серед існуючих реологічних способів аналізу коров'ячого молока найчастіше використовують органолептичний (сенсорний) спосіб, оснований на визначенні специфічного смаку, запаху, текстури, кольору.

Незважаючи на те, що це найбільш простий і дешевий спосіб, його результати залежать від кваліфікації експерта, ретельного проведення контролю, умов контролю, які гарантують точність, відтворюваність результатів, а за відсутності спеціальних експертів найчастіше мають суб'єктивний характер.

До того ж сенсорний аналіз не дає змоги виявляти домішки молока тварини іншого виду і не може бути стандартизований через відсутність кількісної складової аналізу. Зміна хімічного складу молока передусє зміні його фізичних властивостей – таких, як температура плавлення і застигання, густина, в'язкість, показник заломлення та ін. Тому фізичні властивості жирів також використовуються в методах зі встановлення фальсифікації жирової фази молочних продуктів. Як правило, фізичні методи не такі специфічні, як хімічні, але вони простіші та експресні.

Рефрактометричний спосіб визначення білка полягає у вимірюванні показників заломлення молока і безбілкової молочної сироватки, отриманої з того самого зразка молока. Різниця між ними є прямо пропорційна до масової частки білка в молоці. Спосіб достатньо простий, на визначення масової частки білка затрачається не більше 30 хв. Вагомими недоліками цього способу є те, що відхилення за значеннями масової частки білка може досягати до 0,4 % масової частки порівняно з арбітражним методом визначення, а також те, що фальсифікація товарного молока різними добавками (сода, сухе молоко тощо) впливає на результати вимірювання, що вказує на неможливість використання цього методу для дослідження товарного молока [5].

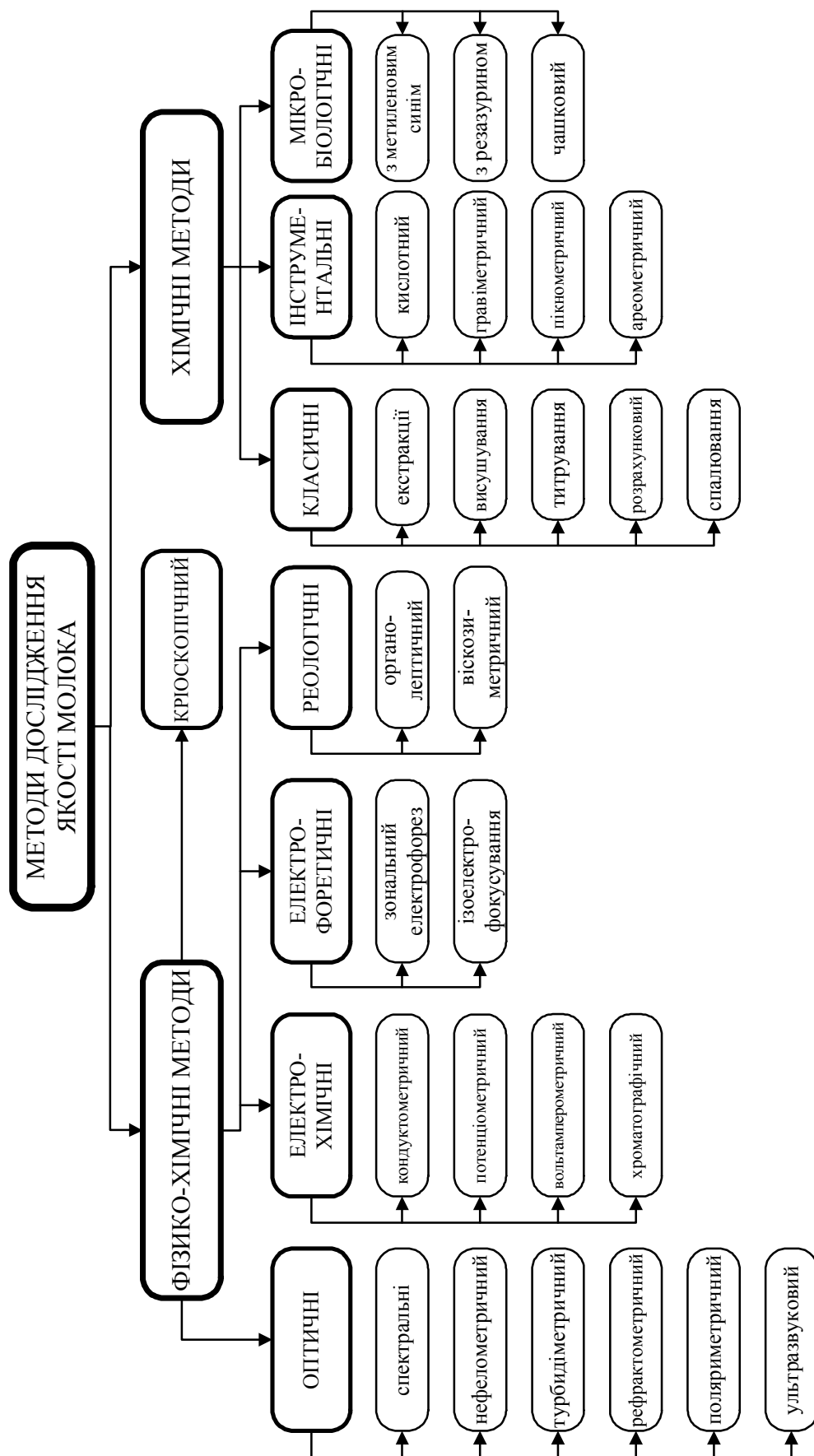
Спектрофотометричний спосіб визначення білка простіший та дає змогу визначити вміст масової частки білка в доволі низькому діапазоні до 0,5 %. Перевагою методу інфрачервоної спектрофотометрії є використання специфічних спектральних властивостей компонентів, що входять до складу продуктів. Значним недоліком є висока вартість спектрофотометричного аналізування, яка коливається від 4 тис. грн. до 37 тис. грн. [6].

Для дослідження якості молока також широко використовують хроматографічні способи. Ці способи основані на розділенні речовин адсорбційним способом та за допомогою високого тиску, з подальшою їх ідентифікацією. Важливими особливостями хроматографічних способів аналізу є високі селективність та чутливість. Багато методик виконання вимірювань є універсальними, застосовними для широкого спектра досліджень, що дає змогу займати провідне місце серед існуючих методів аналізу складних багатокомпонентних сумішей.

Поряд зі способами хроматографії для визначення показників молока використовують способи електрофорезу, що застосовується для ідентифікації білкових сполук молока. За допомогою електрофорезу в поліакриламідному гелі визначають походження білкових сполук, суть якого полягає в розділенні білкових сумішей [7].

Аналізуючи літературні джерела, можна зробити висновок, що сьогодні для визначення складу і якості та безпечності молока і молочних продуктів застосовують переважно фізико-хімічні методи досліджень. Використання стандартних лабораторних методів обмежене, оскільки вони потребують значних затрат часу, при цьому для більшості методів найтривалішим процесом є підготовка проби до випробування; використання високовартісних приладів, необхідність у спеціальних лабораторіях та кваліфікованому персоналі.

Отже, для вирішення завдання безпеки молочної продукції потрібно використовувати сучасні високоефективні методи контролю, які були би оперативнішими, швидшими та давали можливість автоматизації процесу контролю. Тому все більшої актуальності набуває розроблення та використання експрес-методів [8, 9].



Основні методи дослідження якості молока

Висновки. Проаналізовано основні методи контролю нормованих характеристик молока для гарантування його екологічної безпеки. Аналіз стандартних методів визначення якості молока показав низку їх переваг та недоліків. Хімічні методи є точними, чутливими, селективними, проте потребують відбору проб, наявності обслуговуючого персоналу, лабораторії і є довготривалими. Фізико-хімічні методи є швидкими, точними, дають можливість автоматизації процесу, але є дорогими.

На основі вищесказаного можна сформулювати основні вимоги до вдосконалення та розроблення нових підходів для визначення параметрів якості молока – вони повинні бути достатньо точними та достовірними, тобто процес ідентифікації параметрів молока має бути оперативним, швидким, простим та забезпечувати можливість автоматизації та комп'ютеризації процесу визначення.

Все це має поліпшити методології досліджень у напрямку вдосконалення метрологічних характеристик, точності і відтворюваності результатів досліджень, розроблення нових, високоефективних способів аналізу і удосконалення вже відомих методик виконання вимірювань (рисунок).

1. Закон України “Про безпечність та якість харчових продуктів” від 23.12.1997 № 771/97-ВР.
2. Малык О. В. Планирование качества молочной продукции и процессов ее производства / О. В. Малык, П. Г. Столярчук // Устойчивое развитие: Межд. журнал. – Варна: Изд. Евро-Експерт ЕООД, 2012. – № 4. – С. 57–58.
3. Бубела Т. З. Методи та засоби визначення показників якості продукції: навч. посібник / Т. З. Бубела, П. Г. Столярчук, Є. В. Походило, М. С. Міхалєва, В. М. Ванько. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 292 с.
4. Машикін М. І. Технологія молока і молочних продуктів: навч. видання / М. І. Машикін, Н. П. Париш. — К.: Вища освіта, 2006. — 351 с.
5. Дунченко Н. И. Экспертиза молока и молочных продуктов. Качество и безопасность / Н. И. Дунченко, А. Г. Храмов, И. А. Смирнова и др. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2007. – 488 с.
6. Luginbuhl W. Evaluation of designed calibration samples for casein calibration in Fourier transform infrared analysis of milk. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technology / W. Luginbuhl // Food Science and Technology*. – 2002. – № 35(6). – P. 554–558.
7. Mayer H. K. Milk species identification in cheese varieties using electrophoretic, chromatographic and PCR techniques / H. K. Mayer // *Int. Dairy J.*, 2005, 15, 595–604.
8. Міхалєва М. Дослідження електричних методів визначення характеристик якості молока та можливостей бактерицидних контрольних заходів / Марина Міхалєва, Ольга Кутенська // *Вимірювальна техніка та метрологія*. – 2011. – № 72. – С. 117–120.
9. Міхалєва М. Дослідження можливості використання електричних методів у експресному контролі фальсифікацій молока / Марина Міхалєва, Ольга Кутенська // *Вимірювальна техніка та метрологія*. – 2010. – № 71. – С. 156–159.