



Науковий вісник Львівського національного університету  
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.  
Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University  
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.  
Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print  
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f10128  
<https://nvlvet.com.ua/index.php/food>

UDC 637.1.05:303.211-047.36(477)

## Monitoring of the main indicators of milk quality of Ukrainian dairy producers

N. P. Kvitkovskaya<sup>1</sup>, V. M. Ischenko<sup>1</sup>✉, O. V. Kochubei-Lytvynenko<sup>1</sup>, M. V. Ischenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

### Article info

Received 11.03.2024

Received in revised form

11.04.2024

Accepted 12.04.2024

National University of Food  
Technologies, Volodymyrska Str., 68,  
Kyiv, 01601, Ukraine.  
Tel.: +38-096-436-82-72  
E-mail: ischenko\_vn@ukr.net

Taras Shevchenko National  
University of Kyiv,  
Volodymyrska Str., 60, Kyiv,  
01033, Ukraine.

**Kvitkovskaya, N. P., Ischenko, V. M., Kochubei-Lytvynenko, O. V., & Ischenko, M. V. (2024). Monitoring of the main indicators of milk quality of Ukrainian dairy producers. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 26(101), 190–193. doi: 10.32718/nvlvet-f10128**

The composition and properties of milk are significantly influenced by various factors, such as the breed of cows, stages of lactation, the environment, as well as its temperature treatment. In the research carried out in 2017–2022, ultrasonic analysis of 56 samples of different types of dairy products was carried out: pasteurized and ultra-pasteurized milk of the largest Ukrainian producers of dairy products and milk produced at small enterprises, as well as a dairy product made in laboratory conditions from milk powder (reconstituted milk). The following indicators of milk composition were determined by the method of ultrasonic analysis, such as the content of fat, protein, lactose, solids non fat (SNF), and freezing temperature. The fat content in the samples was in the range of 2.5–3.2 %, the protein content was on average 3.3%, and a clear pattern of increasing the protein content with increasing fat content was observed. The content of SNF was on average 8.4 %, and lactose in the range of 4.5–5.5 g/100 g of milk; in the produced reconstituted milk, the lactose content was somewhat lower and averaged 3.5 %. The freezing temperature of the studied samples ranged from -0.50 °C (reconstituted milk) to -0.60 °C (pasteurized and ultra-pasteurized). The method of principal components analysis was used to process the obtained data array. Application of the method of principal components analysis (PCA) made it possible to divide all the studied samples into two groups. The first compact group consists mainly of samples of pasteurized and ultra-pasteurized milk from well-known producers of dairy products. The second diffuse group consists of reconstituted milk, and this group includes several samples of pasteurized milk of a low price category from small producers. The analysis of the eigenvectors and eigenvalues of the PCA indicates that the main factors affecting the grouping of the samples are the content of lactose, protein and the value of the freezing temperature. At the same time, the application of PCA modeling did not reveal any grouping of samples by seasons and years. In the future, based on this method, a discriminatory model can be made, which will allow to quickly detect falsified samples or samples manufactured in violation of technical conditions.

**Key words:** milk, ultrasound analysis, Principal Component Analysis.

## Моніторинг основних показників якості молока українських виробників молочної продукції

Н. П. Квітковська<sup>1</sup>, В. М. Іщенко<sup>1</sup>✉, О. В. Кочубей-Литвиненко<sup>1</sup>, М. В. Іщенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

На склад та властивості молока значний вплив мають різноманітні фактори, такі як порода корів, стадії лактації, навколишнє середовище, а також його температурна обробка. В дослідженнях, які проводились в 2017–2022 роках, проведено ультразвуковий аналіз 56 зразків різних видів молочної продукції: пастеризованого та ультрапастеризованого молока найбільших українських виробників молочної продукції та молока, виготовленого на невеликих підприємствах, а також виготовленого у лабораторних умовах молочного продукту із сухого молока (відновлене молоко). Методом ультразвукового аналізу визначені такі показники складу молока як вміст жиру, білка, лактози, сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ), та температуру замерзання. Вміст

жиру у зразках був в межах 2,5 – 3,2 %, вміст білку в середньому 3,3 %, при чому спостерігалась чітка закономірність збільшення вмісту білку при збільшенні вмісту жиру. Вміст СЗМЗ був в середньому 8,4 %, а лактози в межах 4,5 – 5,5 г/100 г молока; у виготовленому відновленому молоці вміст лактози був дещо нижчий і в середньому складав 3,5 %. Температура замерзання досліджуваних зразків коливалась від  $-0,50$  °C (відновлене молоко) до  $-0,60$  °C (пастеризоване і ультрапастеризоване). Для обробки одержаного масиву даних був використаний метод головних компонент. Застосування методу головних компонент (МГК) дозволило розділити всі досліджувані зразки на дві групи. Перша компактна група складається переважно із зразків пастеризованого та ультрапастеризованого молока відомих виробників молочної продукції. Другу дифузну групу утворюють зразки відновленого молока, причому в цю групу потрапило декілька зразків пастеризованого молока низької цінової категорії від невеликих виробників. Аналіз власних векторів та власних значень МГК вказує на те, що основними факторами, що впливають на групування зразків є вміст лактози, білку та значення температури замерзання. Водночас застосування МГК моделювання не виявило ніякого групування зразків за сезонами та роками. В подальшому на основі даного методу можна зробити дискримінаційну модель, що дозволить швидко виявляти фальсифіковані зразки або зразки, що виготовлені з порушенням технічних умов.

**Ключові слова:** молоко, ультразвуковий аналіз, метод головних компонент

## Вступ

Молоко вже давно визнано одним з найбільш цінних продуктів харчування, що містить високоякісні білки, кальцій, незамінні жирні кислоти, амінокислоти, в тому числі незамінні, жир, водорозчинні та жиророзчинні вітаміни, а також біологічно активні сполуки. Різні фактори, такі як порода корів, стадії лактації та фактори навколишнього середовища можуть суттєво впливати на склад і властивості молока (Salfer et al., 2019, Hayes et al., 2023). Серед факторів навколишнього середовища значний вплив на фізико-хімічні показники молока має годівля корів та пора року: різні пори року часто пов'язані з різним режимом харчування корів, тому, наприклад, влітку молоко буде багатшим цінними жирними кислотами, такими як омега-3 і антиоксидантами (Nazarenko et al., 2019; Yener et al., 2021; Timlin et al., 2021). В осінньо-зимовий період порівняно з весняно-літнім в молоці більша кількість соматичних клітин, вищий рівень білка, жиру та лактози, довший час коагуляції (Czyzak-Runowska et al., 2020). Відмічаються також міжсезонні зміни в молоці вмісту загального та іонного кальцію, рН, співвідношення казеїн/загальний білок (Li et al., 2019).

Вплив різних факторів на склад сирого молока вивчається дослідниками з тієї причини, що це, в свою чергу, має великий вплив на молочну промисловість і якість молочної продукції (Bolgova et al., 2019).

Молоко, яке поступає в торгівлю, зазнає термічної обробки і є більш уніфіковане за своїм складом. Проте при термічній обробці молока, крім зменшення кількості мікроорганізмів, відбуваються фізико-хімічні зміни його властивостей: змінюється точка замерзання, густина, відбувається денатурація та агрегація білків, ізомеризація лактози, утворюються продукти реакції Майяра, відбуваються зміни рівноваги мінерального складу молока (Sestan et al., 2016). З питанням сезонності складу молока тісно пов'язане питання виробництва, так званого, відновленого молока, тобто молочного продукту, виготовленого із сухого молока шляхом його розведення водою для отримання заданої кількості сухих речовин (Du et al., 2020). За даними Спілки молочних підприємств України (<https://uadairy.com/yak-zminylosya-molochne-skotarstvo-ukrayiny-za-ostanni-6-rokiv/>) за період 2017–2022 рр. поголів'я корів в Україні знизилось на 36 %. Дефіцит молока-сировини, особливо у зимовий період, може спонукати нечесних виробників молочної

продукції його сфальсифікувати шляхом виготовлення продуктів із суміші звичайного і сухого молока.

## Мета дослідження

Метою дослідження було проведення кількісного визначення основних показників якості питних видів молока українських виробників молочної продукції та молочних напоїв, виготовлених в лабораторних умовах із сухого молока. А також здійснення аналізу одержаних результатів з використанням методів хемометрики.

## Матеріал і методи досліджень

В даній роботі був використаний ультразвуковий метод аналізу складу питного молока та виготовленого молочного напою з використанням ультразвукового аналізатора “Екомілк-Бонд” (Болгарія). Цей аналізатор широко використовується в заводських лабораторіях, приймальних пунктах, міні-заводах і фермах. Проведена в попередніх дослідженнях (Ischenko et al., 2018) валідація методики визначення основних показників якості молока з застосуванням даного аналізатора показала його повну придатність для вирішення поставлених завдань. Для гомогенізації зразків відновленого молока використовували диспергатор SONOPULS HD 2070 (Bandelin, Німеччина).

## Результати та їх обговорення

В дослідженнях, які проводились впродовж 2017–2021 років, аналізувались зразки молочної продукції різних сезонів. Були проаналізовані 56 зразків термічно обробленого молока та відновленого молока, виготовленого із сухих молочних продуктів в лабораторних умовах. Термічно оброблені зразки молока відрізнялись способом пастеризації (пастеризоване (П) і ультрапастеризоване (УП)) та мали жирність від 2,5 % до 3,2 %: ці характеристики були вказані виробниками продукції на упаковці. Щодо виробників, то в основному це була продукція найбільших виробників молока в Україні: ТОВ “БМК ПрАТ “Білоцерківський молочний комбінат” (ТМ “Ферма”), ТОВ “Люстдорф” (ТМ “Селянське”, “На здоров'я”), ТДВ “ЯГОТИНСЬКИЙ МАСЛОЗАВОД” (ТМ “Яготинське”), ТОВ “Молочна компанія “Галичина” (ТМ “Галичина”), ПрАТ “Тернопільський молокозавод” (ТМ “Молокія”), ПрАТ “КОМБІНАТ ПРИДНІПРОВСЬКИЙ” (ТМ

“Злагода”), ТОВ “Молочний дім” (ТМ “Lactel”), ПрАТ “Вімм-Білл-Данн Україна” (ТМ “Слов’яночка”) і ТОВ “ОРГАНІК МІЛК” (ТМ “Organic Milk”). Молоко цих торгових марок було придбано в супермаркетах м. Києва. Також в різні сезони в невеличких магазинах м. Києва було придбано пастеризоване молоко трьох маловідомих виробників молочної продукції. В порівнянні з відомими торговими марками, таке молоко було дешевше.

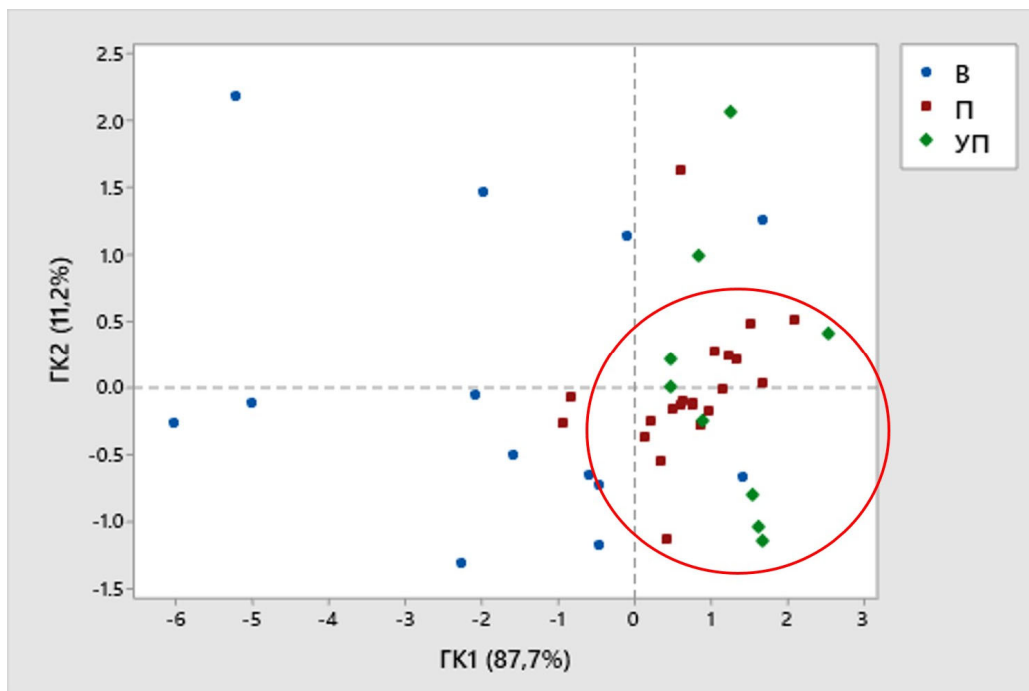
Зразки відновленого молока (В) готували із сухого продукту українських виробників сухого незбираного молока жирністю 25 %, розчиняючи порошок у відповідному об’ємі підготовленої питної води за температури  $(40 \pm 2)$  °С. Кількість води розраховували, щоб одержати продукт жирністю 2,5 % та досягнути вмісту сухих речовин, що відповідає питному молоку.

В досліджуваних зразках визначали такі основні фізико-хімічні показники складу молока як вміст жиру, білку, лактози, сухого знежиреного молочного залишку (далі – СЗМЗ) та температуру замерзання. В усіх зразках вміст жиру відповідав тому, який був зазначений на упаковці, а саме 2,5...3,2 %, у виготовленому відновленому молоці – 2,5 %. Вміст білку був в середньому 3,3 %, при чому спостерігалась чітка закономірність збільшення вмісту білку при збільшенні вмісту жиру. Вміст СЗМЗ був в середньому 8,4 %, а лактози в межах 4,5...5,5 %; у виготовленому відновленому молоці вміст лактози був дещо нижчий і в середньому складав 3,5 %. Температура замерзання досліджуваних зразків коливалась від -0,50 °С (відновлене молоко) до -0,60 °С (пастеризоване і ультрапастеризоване) і складала в середньому -0,550 °С.

При обробці даних, що містять багато змінних (в даному випадку виміряних показників) використання традиційних статистичних методів часто є ускладненим, через багатовимірність такого масиву. Більшу

кількість інформації з масиву даних можна отримати використовуючи хемометричні методи. Одним з популярних методів обробки багатовимірних даних є метод головних компонент (Miller et al., 2018). Метод головних компонент (МГК) дає можливість компактифікувати масив даних шляхом його зведення до масиву меншої розмірності шляхом переведення початкових змінних до нових (головних компонент), що мають більшу інформативність. МГК часто використовують для розвідувального аналізу даних з метою пошуку кластерів або груп зразків (Massart et al., 1997). Аналіз основних компонентів базується на розкладанні загальної дисперсії даних у невелику кількість головних компонентів (ГК) за допомогою математичного перетворення. В результаті перша ГК описує максимум інформації з даних; друга ГК описує максимальну величину залишкової дисперсії. Кожен наступний головний компонент є ортогональною комбінацією вихідних змінних, так що він покриває максимум дисперсії, не врахований попередніми компонентами. Діаграма рахунків ГК1 проти ГК2 є поширеним методом класифікації зразків за вимірними властивостями. Розподіл зразків на цьому графіку може виявити закономірності, які можуть бути пов’язані із загальними характеристиками зразків. Аналіз методом головних компонент проводили за допомогою пакета програмного забезпечення Minitab 19 (Minitab, LLC).

На **рисунку 1** наведено графік навантажень першої та другої головних компонент. Разом перша та друга ГК можуть пояснити 98,9 % відмінностей між зразками. З графіку видно, що окремі зразки (що позначені точками) утворюють фактично дві групи. Перша компактна група складається переважно із зразків пастеризованого та ультрапастеризованого молока.



**Рис. 1.** Графік рахунків першої та другої головних компонент (В – відновлене молоко, П – пастеризоване молоко, УП – ультрапастеризоване молоко)

Другу дифузну групу утворюють зразки відновленого молока. Цікаво, що в групу зразків відновленого молока потрапило декілька зразків пастеризованого молока низької цінової категорії від невеликих виробників, що свідчить про те, що деякі невеликі підприємства недостатньо добре слідкують за дотриманням технічних умов виготовлення продукції чи, можливо, дані зразки були сфальсифіковані додаванням відновленого молока. Аналіз власних векторів та власних значень МГК моделювання вказує на те, що основними факторами, що впливають на групування зразків є вміст лактози, білку та значення температури замерзання.

Слід відмітити, що МГК-моделювання не виявило ніякого групування зразків за сезонами та роками.

### Висновки

Застосування методу головних компонент дозволило розділити досліджувані зразки на дві групи: одна група – це зразки пастеризованого і ультрапастеризованого молока великих виробників молочної продукції і друга група виготовленого відновленого молока, в яку ввійшли кілька зразків пастеризованого молока від невеликих промислових підприємств. Проте для однозначної відповіді на питання, чи були ці зразки сфальсифіковані потрібно зробити значно більшу вибірку, а також долучити додаткові дослідження.

Найбільш важливими показниками, які впливають на віднесення молока до певної групи є вміст лактози, білку та значення температури замерзання.

*Перспективи подальших досліджень.* В подальшому на основі даного методу можна зробити дискримінаційну модель, що дозволить швидко виявляти фальсифіковані зразки або зразки, що виготовлені з порушенням технічних умов.

### Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

### References

Bolgova, N., Huba, S., Sklyarenko, Y., Tsyhura, V., & Marchenko, M. (2019). Dependence of the production process of rennet semi-solid cheeses on quality indicators of raw milk. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 21(92), 42–46. DOI:10.32718/nvlvet-f9208.

Czyzak-Runowska, G., Wojtowski, J., Bielinska-Nowak, S., Wojtczak, J., & Markiewicz-Keszycka, M. (2020). Seasonal variation in the quality parameters of milk from an extensive, small family farm. *Scientiarum Polonorum Zootechnica*, 19(3), 63–70. DOI: 10.21005/asp.2020.19.3.08

Du, L., Lu, W., Zhang, Y., Gao, B., & Yu, L. (2020). Detection of milk powder in liquid whole milk using hydrolyzed peptide and intact protein mass spectral fingerprints coupled with data fusion technologies. *Food Science & Nutrition*, 8(3), 1471–1479. DOI: 10.1002/fsn3.1430.

Hayes, E., Wallace, D., O'Donnell, C., Greene, D., Hennessy, D., O'Shea, N., Tobin, J. T., & Fenelon, M. A. (2023). Trend analysis and prediction of seasonal changes in milk composition from a pasture-based dairy research herd. *Journal of Dairy Science*, 106(4), 2326–2337. DOI: 10.3168/jds.2021-21483

Ischenko, V., Kvitkovska, N., Kochubei-Lytvynenko, O., & Ischenko, M. (2018). Using of fluorescent spectroscopy and ultrasound analysis for unskimmed dairy products identification. *Methods Objects Chem. Anal.*, 13(3), 131–135. DOI: 10.17721/moca.2018.131-135.

Li, S., Ye, A., & Singh, H. (2019). Seasonal variations in composition, properties, and heat-induced changes in bovine milk in a seasonal calving system. *Journal of Dairy Science*, 102(9), 7747–7759. DOI: 10.3168/jds.2019-16685.

Massart, D. L., Vandeginste, B. G. M., Buydens, L. M. C., DeJong, S., Lewi, P. J., & Smeyers-Verbeke, J. (1997). *Handbook of chemometrics and qualimetrics: part A*. Elsevier, Amsterdam.

Miller, J. N., Miller, J. C., & Miller, R. D. (2018). *Statistics and chemometrics for analytical chemistry*, 7th Pearson Education. UK.

Nazarenko, Y., Ladyka, V., Opara, V., & Pavlenko, Y. (2019). Determining the influence of the composition of milk from cows of different breeds on quality indicators for the dutch-type cheese. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(11(97)), 23–33. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.155487.

Salfer, I. J., Dechow, C. D., & Harvatine, K. J. (2019). Annual rhythms of milk and milk fat and protein production in dairy cattle in the United States. *Journal of Dairy Science*, 102(1), 742–753. DOI: 10.3168/jds.2018-15040.

Sestan, I., Odobasica, A., & Bratovcic, A. (2016). The effect of heat treatment on the physical-chemical properties of milk. *Academia Journal of Environmental Science*, 4(7), 131–136. DOI: 10.15413/ajes.2016.0306.

Timlin, M., Tobin, J. T., Brodtkorb, A., Murphy, E. G., PDillon, P., Hennessy, D., O'Donovan, M., Pierce, K. M., Tom, F., & O'Callaghan, T. F. (2021) The Impact of Seasonality in Pasture-Based Production Systems on Milk Composition and Functionality. *Foods*, 10(3), 607–639. DOI: 10.3390/foods10030607.

Yener, S., Pacheco-Pappenheim, S., Heck, J. M. L., & Valenberg, H. J. F. (2021). Seasonal variation in the positional distribution of fatty acids in bovine milk fat. *Journal of Dairy Science*, 104(12), 12274–12285. DOI: 10.3168/jds.2021-20570.