



УДК 54.08

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.10.2024.8>

### АНАЛІЗ ВМІСТУ БІЛКІВ В РІЗНИХ ВИДАХ МОЛОКА ШЛЯХОМ ТИТРУВАННЯ

**Р. П. Мигущенко<sup>1</sup>, М. М. Волобуєв<sup>2</sup>, І. В. Асєєва<sup>3</sup>, О. Ю. Кропачек<sup>4</sup>, В. М. Балєв<sup>5</sup>**

*Білки є незамінним компонентом харчових продуктів. Мають різноманітні біологічні особливості, які не властиві жодним іншим органічним сполукам. Фізичні та хімічні перетворення, спроможність до внутрішньої молекулярної взаємодії, наявність каталітичних, рецепторних властивостей забезпечують необхідні організму людини функції і беруть участь у важливих процесах, таких як утворення антитіл, транспортування кисню в організмі, травленні. Одним з харчових продуктів з високим вмістом білка є молоко. У ході дослідження на основі аналізу наукових праць обґрунтовано, що для визначення вмісту білків у молоці і молочних продуктах було розглянуто і класифіковано декілька різних методів виявлення кількості білків у молоці та обрано доцільний метод для проведення лабораторних та практичних оцінок. Стаття присвячена дослідженню*

<sup>1</sup> доктор технічних наук, професор,  
проректор з науково-педагогічної роботи  
(Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків)  
e-mail: mrp1@ukr.net

ORCID: 0000-0002-3287-9772

<sup>2</sup> кандидат хімічних наук, доцент,  
професор кафедри загальної неорганічної хімії  
(Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків)  
e-mail: Maksym.Volobuyev@khpі.edu.ua

ORCID: 0000-0001-9779-1176

<sup>3</sup> кандидат педагогічних наук,  
доцент кафедри загальної та неорганічної хімії  
(Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків)  
e-mail: aseevairina0@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9678-2681

<sup>4</sup> доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри теоретичних основ електротехніки  
(Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків)  
e-mail: kropachek@ukr.net

ORCID: 0000-0001-5899-0252

<sup>5</sup> кандидат технічних наук, доцент,  
завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій і систем  
(Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків)  
e-mail: bvnbn@ukr.net

ORCID: 0000-0002-6803-4739

вмісту білків в молоці тваринного та рослинного походжень на основі методики титрування оцтовою кислотою. У даній роботі застосовувався метод титриметричного аналізу завдяки оптимальному співвідношенню точності та простоти реалізації. До експериментів запропоновано коров'яче, козине, мигдальне, кокосове та вівсяне молоко. Визначено, що найвищий показник вмісту білків знаходиться в мигдалевому молоці. Результати вимірювань оброблено на виявлення розкиду показників (дисперсії) та прояву і усунення недоліків у спостереженнях. За даними отримані діаграми, які візуально відображають кількість білку в різних видах і конкретних зразках досліджуваного молока. Визначені абсолютна (0.2–0.66 мл) і відносна похибки вимірювань на основі домінуючої інструментальної похибки. Подальші дослідження направлені на отримання кількісної оцінки емпіричного коефіцієнту  $k$  при використанні оцтової кислоти в якості реагенту при титруванні.

**Ключові слова:** молоко, вміст білку, титрування, оцтова кислота, похибка вимірювання, концентрація.

## ANALYSIS OF PROTEIN CONTENT IN DIFFERENT TYPES OF MILK BY TITRATION

R. P. Mygushchenko, M. M. Volobuyev, I. V. Asieieva,  
O. Yu. Kropachek, V. M. Baliev

*Proteins are an essential component of food products, having unique biological properties not found in any other organic compounds. Their physical and chemical transformations, ability to engage in intramolecular interactions and catalytic and receptor properties ensure vital human body functions, participating in critical processes such as antibody formation, oxygen transportation, and digestion.*

*Milk is one of the food products with a high protein content. This study, based on the analysis of scientific literature, reviews and classifies several methods for determining protein content in milk and dairy products, ultimately identifying the most suitable method for both laboratory and industrial applications. The article explores the protein content in animal- and plant-based milk using the acetic acid titration method. The titrimetric analysis method is chosen due to its optimal balance of accuracy and simplicity. The experiments included cow, goat, almond, coconut and oat milk, revealing that almond milk have the highest protein content. The resulting data are analyzed to assess the variability of the measurements (dispersion) and to identify and eliminate observational errors. Diagrams are constructed based on the data, visually representing the protein content in different types and specific samples of the studied milk. Absolute (0.2–0.66 ml) and relative measurement errors are calculated, primarily stemming from the dominant instrumental error. Future research is focused on deriving a quantitative estimate of the empirical coefficient  $k$  when using acetic acid as the titration reagent.*

**Key words:** milk, protein content, titration, acetic acid, measurement error, concentration.

### Вступ

Білки – незамінний компонент їжі. Вони виконують в організмі людини різноманітні біологічні функції; необхідність їх постійного відновлення базується на основі обміну речовин (Subroto et al., 2020).

Полімерні молекули білків складаються із залишків амінокислот, з'єднаних пептидним зв'язком. Про наявність білка в продукті можна судити за якісними реакціями, які зумовлені характерними частками амінокислот. Кількісне визначення білків, як правило, також базується на властивостях окремих їх часток і не враховує можливих відхилень побудови в іншій частині білкових макромолекул (Ahmad et al., 2023).

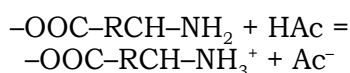
Для визначення вмісту білків у молоці і молочних продуктах існує декілька різних груп методів. Всі вони мають свої

переваги, недоліки та сферу застосування. Це методи, що базуються на визначенні у білках вмісту нітрогену (метод К'ельдаля, метод Дюма), вмісту карбоксильних груп (метод формольного титрування), здатності поглинати світло в ультрафіолетовій та видимій області спектру (спектрофотометрія) забарвлених продуктів деяких реакцій (біуретовий метод, метод Лоурі), за кількістю зв'язаних барвників (амідо чорний 10 В, оранжевий G, кислий оранжевий 12, метод Бредфорда з кумасі голубим G 250) тощо. Багато з цих методів використовуються у лабораторних і наукових дослідженнях. В промисловості найчастіше застосовуються стандартизовані класичні методи: К'ельдаля, формольного титрування, колориметрії та рефрактометрії (Ahmad et al., 2023).

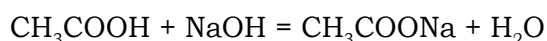
У даній роботі використовувався метод титрометричного аналізу завдяки оптимальному співвідношенню точності та простоти реалізації (Сухан та ін., 2022).

Для молочного білку характерним показником є кількість вільних аміногруп. Кислотність молока пояснюють тим, що вільних карбоксильних груп у молочному білку більше, ніж амінних. Під впливом альдегідної групи аміногрупа втрачає свої основні властивості і кислотно-лужний баланс порушується. Кількість карбоксильних груп при титруванні буде еквівалентна кількості зв'язаних амінних груп.

Суть даного методу полягає у тому, що в розчин додається надлишкова кількість оцтової кислоти, яка зв'язує наявні аміногрупи і вивільняє карбоксильні групи (Roy, 2020):



Далі суміш титрується гідроксидом натрію, при цьому відтитровується надлишок оцтової кислоти, а також карбоксильні групи амінокислот:



### Матеріал і методи

Метою досліджень, що представлені в статті, є спроба визначення вмісту білка у різних видах тваринного і рослинного походження за допомогою титрування з використанням оцтової кислоти (Romulo, 2022). Використання оцтової кислоти дозволить здійснювати безпечні лабораторні та промислові дослідження по вмісту білка в конкретному зразку молока (Ластов'як та ін., 2004).

Для експериментів використовується коров'яче, козине (Tulashie et al., 2022), мигдальне (Antunes et al., 2022), кокосове (Yu et al., 2023) та вівсяне молоко. Для проведення експериментів підготовлені бюретка, колба 100 мл, піпетка, хімічний стакан на 200 мл, розчин NaOH з концентрацією 0.1 моль/л, оцтова кислота  $\text{CH}_3\text{COOH}$  з концентрацією 2 моль/л, індикатор фенолфталеїн (Пономарьова, 2022).

Порядок дій для визначення вмісту білка ідентичні для всіх видів молока. Всі дії виконуються за наступним алгоритмом:

1. За допомогою піпетки здійснюється відбір 10 мл досліджуваного молока, який переноситься у конічну колбу 100 мл.

2. В колбу додається 10 крапель розчину фенолфталеїну.

3. Здійснюється титрування розчином NaOH до сталого забарвлення досліджуваного молока у слабо малиновий колір.

4. Фіксується по бюретці об'єм витраченого розчину NaOH ( $V_1$ ).

5. За допомогою піпетки в колбу з хімічного стакана додається 2 мл розчину  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Після збовтування вмісту колби малинове забарвлення фенолфталеїну зникає.

6. Продовжується титрування розчином NaOH до сталого забарвлення досліджуваного молока в слабо малиновий колір.

7. Фіксується по бюретці об'єм витраченого розчину NaOH ( $V_2$ ).

8. Вміст білку ( $X$ , %) визначається за формулою:

$$X = (V_2 - V_1) \cdot N \cdot k, \quad (1)$$

де  $N$  – концентрація розчину NaOH;

$k$  – емпіричний коефіцієнт, приймає різні сталі значення при використанні різних кислот.

Вигляд зразків молока при проведенні дослідження за наведеним вище алгоритмом представлений на рис. 1.

### Результати та обговорення

Формула (1) дозволяє визначити поточний вміст білка в конкретному зразку молока. Проте, у формулу (1) входить емпіричний коефіцієнт  $k$ , який може бути визначений експериментально для конкретних реактивів при титруванні. Коефіцієнт  $k$  визначається шляхом калібрування методом титрування на еталонних зразках молока з точно встановленим вмістом білку у них. Після цього  $k$  використовується як стала величина для конкретного виду молока (коров'яче, козине, мигдальне, вівсяне, кокосове).

У даному дослідженні точні значення коефіцієнту  $k$  не встановлювалися, а були прийняті рівними одиниці. Проте навіть такий спрощений підхід дозволяє класифікувати різні види молока за вмістом білка. Для цього були усереднені отримані значення  $V_1$  і  $V_2$  при титруванні п'яти зразків кожного виду досліджуваного молока. Ці значення наведені у табл. 1.

Для формування останнього стовпчика табл. 1 використовувалась формула:

$$X = K \cdot k, \quad (2)$$

де  $K$  – коефіцієнт, який визначається як  $K = (V_2 - V_1) \cdot N$ ;

$k$  – емпіричний коефіцієнт, прийнятий рівним 1.







Бюретка	Вихідний об'єм розчину NaOH					
	Стандартний розчин NaOH	<b>Після другого титрування</b>				
	1 мл кислотного розчину					
	<b>Після першого титрування</b>					
<b>Установка для титрування</b>	<b>Козине</b>	<b>Кокосове</b>	<b>Вівсяне</b>	<b>Мигдалеве</b>	<b>Коров'яче</b>	

Рис. 1. Зовнішній вигляд досліджуваних зразків молока після першого та другого етапів титрування

Таблиця 1

Усереднені результати титрування п'яти зразків кожного виду молока

Вид молока	$V_1$	$V_2$	$(V_2 - V_1) \cdot N$
Мигдалеве	0.052	55.486	5.5434
Козине	1.95	35.91	3.396
Коров'яче	2.23	37.88	3.565
Кокосове	0.056	35.02	3.4964
Вівсяне	0.56	30.74	3.018

Формула (2) є окремим випадком формули (1). Вибір  $k = 1$  не створює адитивних і мультиплікативних збурень на формулу (1).

На рис. 2–6 представлені графіки даних  $V_1$  і  $V_2$  як  $K = f(i)$ , де  $i$  – порядковий номер проби. Візуалізація даних дозволяє оцінити методичні похибки проведених експериментів.

Залежності  $X = f(\text{проба})|_{\text{вид молока}} = var$  на рис. 2–6 виконані в єдиних масштабах для зручності порівняння оцінок.

З рис. 2–6 видно, що при проведенні експериментів існує деякий розкид даних. Такий розкид даних оцінюється дисперсією. Дані дисперсії наведені в табл. 2.

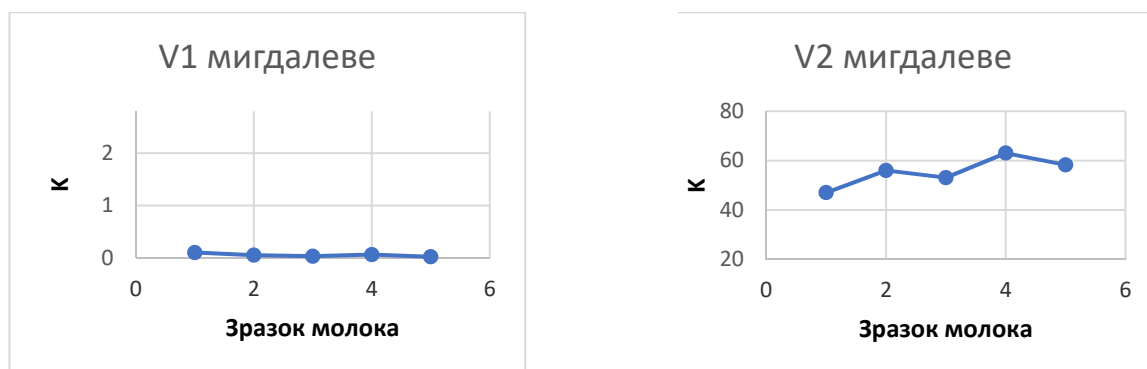


Рис. 2. Мигдалеве молоко



Рис. 3. Козине молоко



Рис. 4. Коров'яче молоко



Рис. 5. Кокосове молоко

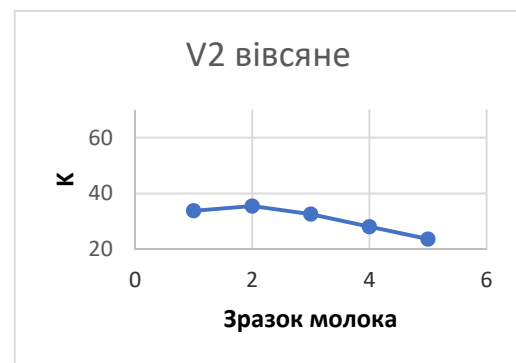


Рис. 6. Вівсяне молоко

Таблиця 2

Визначені дисперсії  $D$  показників  $V_1$  і  $V_2$

Вид молока	$D_{V_1}$	$D_{V_2}$	$D_{(V_2-V_1) \cdot N}$
Мигдалеве	0.00097	35.62123	0.358136
Козине	0.0025	9.498	0.095292
Коров'яче	0.1395	10.447	0.113225
Кокосове	0.00088	44.11145	0.438655
Вівсяне	0.008	23.003	0.23037

За даними табл. 2 побудовані діаграми, які візуально відображають дані експериментів при конкретних зразках досліджуваного молока (рис. 7).

За рис. 7 можна оцінити методичну похибку результатів у проведених експериментах. З рис. 7 очевидно, що методична похибка є домінуючою.

З рис. 2–6 очевидні промахи при проведенні експериментів для:

1) проби 1, 4 при визначенні  $V_2$  для мигдалевого молока;

2) проба 4 при визначенні  $V_1$  для коров'ячого молока;

3) проби 3, 4 при визначенні  $V_2$  для кокосового молока;

4) проби 4, 5 при визначенні  $V_2$  для вівсяного молока.

Для зменшення результуючих похибок доцільно виключити дані проби з обробки результатів вимірювання (Іщенко, 2023). Після виключення вказаних грубих промахів були отримані уточнені, представлені у табл. 3.

Дані табл. 3 надають менший розкид параметрів при визначенні кількості білків у молоці.

За даними табл. 3 отримані діаграми, які візуально відображають кількість білку

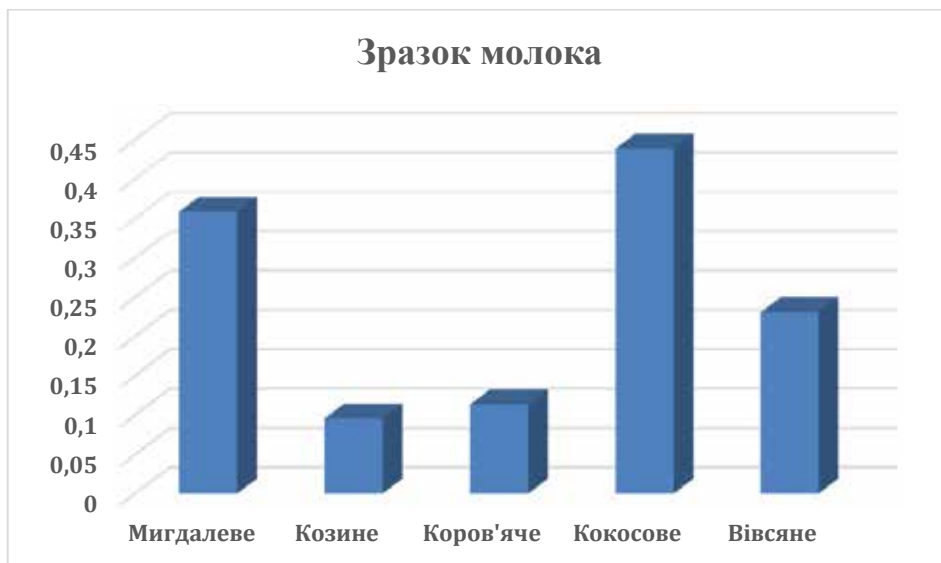


Рис. 7. Розкид експериментальних даних для різних зразків досліджуваного молока

Таблиця 3

Уточнені усереднені результати титрування п'яти зразків кожного виду молока

Вид молока	$V_1$	$V_2$	$(V_2-V_1) \cdot N$
Мигдалеве	0.05	53.59	5.35
Козине	1.95	35.91	3.40
Коров'яче	2.36	37.88	3.55
Кокосове	0.04	30.43	3.04
Вівсяне	0.53	33.96	3.34

в різних видах молока і конкретних зразках досліджуваного молока (рис. 8).

Для оцінки похибок отриманих результатів доцільно використати стандартний метод визначення інструментальних похибок, який ґрунтується на формулі (Защепкіна та ін., 2021):

$$X \pm \Delta X = (V_2 \pm \Delta V_2 - V_1 \pm \Delta V_1) \cdot N \pm \Delta N,$$

де  $\Delta X$  – похибка визначення показника, пропорційного вмісту білків в різних типах молока;

$\Delta V_1$  – абсолютна похибка визначення об'єму  $V_1$ ;

$\Delta V_2$  – абсолютна похибка визначення об'єму  $V_2$ ;

$\Delta N$  – абсолютна похибка визначення концентрації луку  $N$ .

У даних експериментах показники абсолютної похибки  $\Delta V_1$ ,  $\Delta V_2$ ,  $\Delta N$  визначені так:  $\Delta V_1=0.1$ ;  $\Delta V_2=0.1$ ;  $\Delta N=0.01$ .

Похибка при визначенні вмісту білка для коров'ячого молока (на основі формули (1)):

$$X=(37.88 \pm 0.1 - 2.36 \pm 0.1) \cdot 0.1 \pm 0.01;$$

$$X_1=(37.88 - 2.36) \cdot 0.1 = 3.552;$$

$$X_2=(37.98 - 2.26) \cdot 0.11 = 3.929;$$

$$\Delta X=(X_2 - X_1) = 0.38.$$

Для визначення максимально можливої відносної похибки вимірювання у відсотках, необхідно використати формулу (Гичков та ін., 2021):

$$\delta X = \frac{\Delta X}{X} \cdot 100 \%$$

Результати розрахунків похибок наведені у табл. 4.

Високе значення відносної похибки (%) визначається низькими значеннями об'єму  $V_1$ , що, нажаль, закладено у використаній методиці. Проте модифікація методики визначення вмісту білка не входила у задачі даного дослідження.

### Висновки

У результаті проведених досліджень отриманий відносний вміст білка у різних видах (тваринних і рослинних) молока – мигдалевому, козиному, коров'ячому, кокосовому, вівсяному. Одержана оцінка похибки визначення вмісту білка доводить, що обрана методика містить принципові недоліки і потребує уточнення. Досліджені зразки молока за зменшенням вмісту білка утворюють ряд

мигдалеве → коров'яче → козине  
→ вівсяне → кокосове.

Очікуваним результатом є вищий вміст білка в молоці тваринного походження

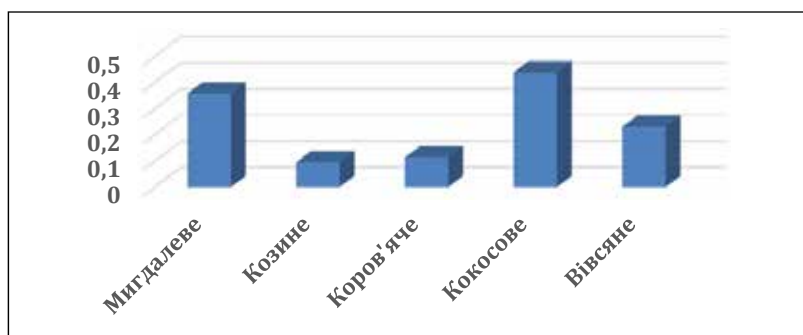


Рис. 8. Визначений відносний вміст білка у різних видах молока

Таблиця 4

Оцінка абсолютної та відносної похибки визначення вмісту білка

Вид молока	Абсолютна похибка $\Delta X$ , мл	Відносна похибка $\delta X$ , %
Мигдалеве	0.55	10.3
Козине	0.20	5.9
Коров'яче	0.38	10.7
Кокосове	0.32	10.5
Вівсяне	0.66	19.8

в порівнянні з рослинними альтернативами (Craig & Fresán, 2021). Проте результати дослідження показали, що найвищий показник вмісту білків знаходиться в мигдалевому молоці (Lim et al., 2021).

Ознайомившись з етикеткою на упаковці молока, було виявлено, що мигдалеве молоко, яке використовувалось в експериментах, було виготовлене з мигдалевого порошку. Це озна-

чає, що це не натуральне мигдалеве молоко, а заміник, створений для зниження фінансових затрат (Vincent et al., 2016). Тому проведені дослідження дозволили відпрацювати методику по виявленню ненатуральності молока.

Подальші дослідження планується направити на отримання кількісної оцінки емпіричного коефіцієнту  $k$  при використанні оцтової кислоти  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

### Список використаної літератури

- Защепкіна Н.М., Шульга О.В., Наконечний О.А. Метрологічне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем: навч. посіб. Київ : Вид-во КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 176 с.
- Іщенко М.В. Забезпечення і контроль якості аналізу: навч. посіб. Київ, 2023. 73 с.
- Ластов'як Я.В., Караман Н.С., Полутаренко М.С., Паздерський Ю.А. Оцтова кислота. Властивості, використання, виробництво: монографія. Львів : Вид-во НУ «Львів Політехніка», 2004. 166 с.
- Пономарьова В.В. Основи хімії: навчальний посібник. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2022. 160 с.
- Сухан В.В., Трохименко О.М., Трохименко А.Ю. Аналітичні реагенти й техніка приготування їхніх розчинів: підручник. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2022. 592 с.
- Тичков В.В., Гальченко В.Я., Трембовецька Р.В. Метрологічне забезпечення фізико-хімічних вимірювань: навч.-метод. посіб. Черкаси, 2021. 253 с.
- Ahmad W., Asad N., Aryal P., Dwivedi S., Hatwar A., Tanksale, A. Acetic acid and co-chemicals production from syngas. *Advances in Synthesis Gas: Methods, Technologies and Applications*. 2023. Vol. 3. P. 199–223. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91878-7.00010-1>.
- Antunes I. C., Bexiga R., Pinto C., Roseiro L. C., Quaresma M. A. G. Cow's Milk in Human Nutrition and the Emergence of Plant-Based Milk Alternatives. *Foods*. 2023. Vol. 12(1). <https://doi.org/10.3390/foods12010099>.
- Craig W.J., Fresán U. International Analysis of the Nutritional Content and a Review of Health Benefits of Non-Dairy Plant-Based Beverages. *Nutrients*. 2021. Vol. 13 (3), 842. P. 1–14. <https://doi.org/10.3390/nu13030842>.
- Lim M.T., Pan B.J., Toh D.W.K., Sutanto C.N., Kim J.E. Animal Protein versus Plant Protein in Supporting Lean Mass and Muscle Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients*. 2021. Vol. 13(2), 661. P. 1–18. <https://doi.org/10.3390/nu13020661>.
- Romulo A. Nutritional Contents and Processing of Plant-Based Milk: A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. Vol. 998. P. 1–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/998/1/012054>.
- Roy D., Ye A., Moughan P.J., Singh H. Composition, Structure, and Digestive Dynamics of Milk From Different Species-A Review. *Frontiers in Nutrition*. 2020. Vol. 7. P. 1–17. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.577759>.
- Subroto E., Lembong E., Filianty F., Indiarito R., Primalia G., Putri M.S.K.Z., Theodora H.C., Junar S. The Analysis Techniques of Amino Acid And Protein In Food And Agricultural Products. *International journal of scientific & technology research*. 2020. Vol. 9 (10). P. 29–36.
- Tulashie S.K., Amenakpar J., Atisey S., Odai R., Akpari E.E. A. Production of coconut milk: A sustainable alternative plant-based milk. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 2022. Vol. 6. P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100206>.
- Vincent D., Elkins A., Condina M.R., Ezernieks V., Rochfort S. Quantitation and Identification of Intact Major Milk Proteins for High-Throughput LC-ESI-Q-TOF MS Analyses. *PLoS one*. 2016. Vol. 11 (10). P. 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163471>.
- Yu Y., Li X., Zhang J., Li X., Wang J., Sun B. Oat milk analogue versus traditional milk: Comprehensive evaluation of scientific evidence for processing techniques and health effects. *Food chemistry: X*. 2023. Vol. 19. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100859>.



## References

- Zashchepkina, N.M., Shulha, O.V., & Nakonechnyi, O.A. (2021). Metrolohichne zabezpechennia informatsiino-vymiriuvalnykh system: navch. posib. [Metrological support of information and measurement systems: training. manual]. Kyiv : Vyd-vo KPI im. Ihoria Sikorskoho [in Ukrainian].
- Ishchenko, M.V. (2023). Zabezpechennia i kontrol yakosti analizu: navch. posib [Ensuring and controlling the quality of analysis: teacher manual]. Kyiv [in Ukrainian].
- Lastoviak, Ya.V., Karaman, N.S., Polutarenko, M.S., & Pazderskyi, Yu.A. (2004). Otstova kyslota. Vlastyvoli, vykorystannia, vyrobnytstvo: monohrafiia [Acetic acid. Properties, use, production: monograph]. Lviv : Vydavnytstvo Lviv Polytechnic National University [in Ukrainian].
- Ponomarova, V.V. (2022). Osnovy khimii: navchalnyi posibnyk [The basics of chemistry: a study guide]. Kyiv : Publishiing center "Kyiv university" [in Ukrainian].
- Sukhan, V.V., Trokhymenko, O.M., & Trokhymenko, A.Yu. (2022). Analitychni reahenty y tekhnika pryhotuvannia yikhnykh rozchyniv: pidruchnyk [Analytical reagents and the technique of preparing their solutions: a textbook]. Kyiv : Publishiing center "Kyiv university" [in Ukrainian].
- Tychkov, V.V., Halchenko, V.Ya., & Trembovetska, R.V. (2021). Metrolohichne zabezpechennia fizyko-khimichnykh vymiriuvan: navch.-metod. posib. [Metrological support of physical and chemical measurements: educat. and method. manual]. Cherkasy [in Ukrainian].
- Ahmad, W., Asad, N., Aryal, P., Dwivedi, S., Hatwar, A., & Tanksale, A. (2023). Acetic acid and co-chemicals production from syngas. *Advances in Synthesis Gas: Methods, Technologies and Applications*, 3, 199–223. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91878-7.00010-1> [in English].
- Antunes, I.C., Bexiga, R., Pinto, C., Roseiro, L.C., Quaresma, M.A.G. (2023). Cow's Milk in Human Nutrition and the Emergence of Plant-Based Milk Alternatives. *Foods*, 12 (1), 9. <https://doi.org/10.3390/foods12010099> [in English].
- Craig, W.J., & Fresán, U. (2021). International Analysis of the Nutritional Content and a Review of Health Benefits of Non-Dairy Plant-Based Beverages. *Nutrients*, 13 (3), 842, 1–14. <https://doi.org/10.3390/nu13030842> [in English].
- Lim, M.T., Pan, B.J., Toh, D.W.K., Sutanto, C.N., & Kim, J.E. (2021). Animal Protein versus Plant Protein in Supporting Lean Mass and Muscle Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients*, 13 (2), 661, 1–18. <https://doi.org/10.3390/nu13020661> [in English].
- Romulo, A. (2022). Nutritional Contents and Processing of Plant-Based Milk: A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 998, 1–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/998/1/012054> [in English].
- Roy, D., Ye, A., Moughan, P.J., & Singh, H. (2020). Composition, Structure, and Digestive Dynamics of Milk From Different Species-A Review. *Frontiers in Nutrition*, 7, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fnut>. [in English].
- Subroto, E., Lembong, E., Filianty, F., Indiarso, R., Primalia, G., Putri, M.S.K.Z., Theodora, H.C., & Junar, S. (2020). The Analysis Techniques of Amino Acid And Protein In Food And Agricultural Products. *International journal of scientific & technology research*, 9 (10), 29–36 [in English].
- Tulashie, S.K., Amenakpar, J., Atisey, S., Odai, R., & Akpari, E.E.A. (2022). Production of coconut milk: A sustainable alternative plant-based milk. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 6, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100206> [in English].
- Vincent, D., Elkins, A., Condina, M.R., Ezernieks, V., & Rochfort, S. (2016). Quantitation and Identification of Intact Major Milk Proteins for High-Throughput LC-ESI-Q-TOF MS Analyses. *PLoS one*, 11 (10), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163471> [in English].
- Yu, Y., Li, X., Zhang, J., Li, X., Wang, J., & Sun, B. (2023). Oat milk analogue versus traditional milk: Comprehensive evaluation of scientific evidence for processing techniques and health effects. *Food chemistry: X*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.10085> [in English].

Отримано: 21.10.2024  
Прийнято: 18.11.2024