

УДК 637.1.144

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.2.44>

АНТИОКСИДАНТНІ ВЛАСТИВОСТІ МОЛОКА ТА МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

Соломон А. М. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри харчових технологій та мікробіології
Вінницького національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0003-2982-302X

Козлов О. В. – аспірант кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій
Вінницького національного аграрного університету
ORCID ID: 0009-0003-5355-6328

Харчування має вплив на здоров'я, продуктивність та тривалість життя людини, є одним із важливих аспектів оточуючого середовища. Правильне харчування є основою здоров'я, оскільки те, що ми споживаємо, сприяє розвитку та оновленню клітин і тканин, а також є джерелом енергії для організму, незалежно від того, чи йдеться про фізичні навантаження чи спокійний стан.

Одним із перспективних напрямків розвитку молочної галузі України є створення молочних продуктів з антиоксидантними властивостями. Молоко та молочні продукти є невід'ємною частиною харчування людини та містять такі важливі компоненти, як білки, кальцій, незамінні жирні кислоти та амінокислоти, водорозчинні антиоксиданти та ряд біологічних компонентів, які у край важливі для біохімічних та фізіологічних функцій.

В даний час їжа, що містить натуральні антиоксиданти, стає надзвичайно популярною у світі, оскільки антиоксиданти можуть нейтралізувати вільні радикали, нейтралізувати шкідливі наслідки. Неконтрольована активність вільних радикалів наводить до окислювальних стресів, результатом яких є руйнування життєво важливих ліпідів, білків, нуклеїнових кислот, що призводить до діабету, раннього старіння організму, пухлинних та серцево-судинних захворювань.

Антиоксидантні властивості молока та молочних продуктів визначаються сірковмісними амінокислотами (наприклад цистеїном), фосфатами, вітамінами А, Е, каротиноїдами, цинком, селеном, ферментами супероксиддисмутазою, каталазою, глутатіонпероксидазою, а також молочними олігосахаридами та пептидами, які утворюються під час ферментації та дозрівання сирів.

Антиоксидантна активність молока та молочних продуктів може бути посилена добавками фітохімічних компонентів. Встановлено, що антиоксидантна активність сирів зростає в процесі дозрівання та перебуває у прямій залежності від утворюються водорозчинних пептидів. Досліджено, що заквашувальні культури деяких бактерій у процесі ферментації молока продукують активні пептиди, багаторазово посилюючи антиоксидантну активність продуктів і таким чином захищаючи організм людини від окислювального стресу.

Ключові слова: антиоксиданти, молоко, ферментовані молочні продукти, антиоксидантні пептиди.

Solomon A. N., Kozlov O. V. Antioxidant properties of milk and dairy products

Nutrition affects human health, productivity and life expectancy, and is one of the important aspects of the environment. Proper nutrition is the basis of health, since what we consume contributes to the development and renewal of cells and tissues, and is also a source of energy for the body, regardless of whether we are talking about physical activity or a calm state.

One of the promising areas of development of the dairy industry in Ukraine is the creation of dairy products with antioxidant properties. Milk and dairy products are essential for human nutrition. They contain a number of such important ingredients as proteins, calcium, indispensable fatty acids and amino acids, water soluble vitamins and number of biological components that are highly important for biochemical and physiological functions. Nowadays, food that contain natural antioxidants becomes extremely popular worldwide since antioxidants

can neutralize free radicals, reduce negative effects. Uncontrollable activity of free radicals lead to oxidative stress that provokes break down of essential lipids, proteins, nucleic acids followed by development of diabetes, early aging of the organism, cancer and cardiovascular diseases.

Antioxidant potential of milk and dairy products are determined by Sulphur-containing amino acids (ex. Cysteine), phosphates, vitamins A and E, carotenoids, zink, selenium, enzymes superoxidedismutase, catalase, glutathionperoxidase, as well as dairy oligosaccharides and peptides produced during fermentation and ripening of cheese.

Antioxidant capacity of milk and dairy product can be intensified through phytochemical supplementation. It was demonstrated that fermented dairy products possess higher antioxidant activity than nonfermented. Research showed that antioxidant potential of cheese increases throughout the ripening process and correlates with the amount of produced water soluble peptides. It was also revealed that strains of some cultures produce active peptides during fermentation of milk therefore significantly increasing antioxidant capacity of product and protecting organism from oxidative stress.

Key words: antioxidants, milk, fermented dairy products, antioxidant peptides, health food.

Постановка проблеми. Молочні продукти становлять значну частину від раціону людини. Молоко та молочні продукти містять такі незамінні нутрієнти, як олеїнова кислота, омега-3 жирні кислоти, вітаміни, мінерали, біоактивні компоненти, що належать до антиоксидантів [1].

Антиоксидантами називають хімічні субстанції, здатні нейтралізувати або захоплювати вільні радикали, які постійно продукуються в організмі [2]. Для генерації енергії реакція окислення є обов'язковим процесом у біохімії живого організму, проте нерегульований окисний стрес може спричинити серйозні руйнування біологічних систем. Науково доведено, що реактивні молекули кисню постійно продукуються у людському тілі. Неконтрольовані вільні радикали в організмі можуть призвести до окислювальних стресів, що викликають атеросклероз, діабет, раннє старіння, серцево-судинні захворювання, а також руйнувати життєво важливі біохімічні молекули. Введення антиоксидантів в організм із харчовими продуктами може захистити людину від окислювального стресу та подальших захворювань. Певні хвороби корелюють із способом життя, який згодом змінюється. Так, близько 20–30 років тому інфекційні хвороби зустрічалися частіше, ніж неконтактні хвороби, але зараз неконтактні метаболічні захворювання стають найпоширенішими. У зв'язку з цим здорові та функціональні продукти харчування повинні використовуватися для того, щоб мінімізувати виникнення саме неконтактних хвороб, таких як діабет, рак, серцево-судинні захворювання. Потреби у продуктах, що містять природні антиоксиданти, стрімко зростає, при цьому більшість молочних продуктів збагачують додаванням натуральних антиоксидантів [3]. Антиоксидантні властивості молока та молочних продуктів визначаються вітамінами А, Е, каротиноїдами, каталазою, [4].

Людський організм має механізми нейтралізації та зв'язування реактивних молекул кисню. Запобігання окисленню клітинних ліпідів є головною основою для вибору продуктів харчування, у тому числі молочних продуктів, які мають антиоксидантну активність.

Формування цілей статті. Метою даної роботи є наукове обґрунтування технології виробництва молочних продуктів, збагачених натуральними антиоксидантами, що набуває особливої актуальності у світовій практиці завдяки здатності антиоксидантів нейтралізувати вільні радикали та зменшувати їх шкідливий вплив на організм.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні у світі спостерігається зростання використання сироваткових білків як у харчових продуктах, так і в нехарчових галузях. Попри високу біологічну цінність цих білків, близько 25–30 % сироватки

все ще потрапляє у відходи [7]. У харчовій промисловості сироваткові білки здебільшого застосовуються як емульгатори та агенти для створення желеподібних структур. Антиоксидантні властивості сироваткових білків проявляються в їхній здатності ефективно пригнічувати процеси ліпідного окиснення в організмі. Цей ефект забезпечується через нейтралізацію вільних радикалів за допомогою сірковмісних амінокислот білків [10].

Практично всі харчові продукти з добавками сироваткових білків мають вищі антиоксидантні властивості. Лактоферин, виділений із сироватки молока, може пригнічувати окислення ліпідів, виникнення пероксид радикалів, а також інгібувати утворення залізооксидних радикалів. Склад сироваткових білків у молоці корови, кози та вівці представлений у таблиці 1.

Таблиця 1

Склад і концентрація сироваткових білків у знежиреному молоці різних видів тварин

Показник	Корова	Коза	Вівця
Сироваткові білки, г	6,4	6,1	11,0
Бета лактоглобулін, %	60,0	54,0	61,0
Альфа лактоглобулін, %	16,0	21,4	11,0
Імоноглобулін, %	15,0	11,0	20,0
Сироватковий альбумін/лактоферин, %	10,0	12,0	8,0

Розуміння механізмів окисної стабільності молока та молочних продуктів має надзвичайно важливе значення для молочної промисловості. Окисні процеси в молоці призводять до погіршення таких характеристик, як смак, аромат та поживна цінність. Окисна стабільність залежить від балансу між процесами окиснення та антиокиснення в молоці. При цьому ключову роль відіграють склад жирних кислот, вміст металевих іонів, а також концентрація токоферолів і каротиноїдів. На збереження антиоксидантів, що забезпечують окисну стабільність, істотно впливають умови виробництва, пакування, тривалість та умови зберігання.

Визначення антиоксидантної стійкості молока та молочних продуктів є важливим завданням, оскільки дисбаланс між вільними радикалами та антиоксидантними системами може призводити до небажаного окислення [5]. Чутливість молочних продуктів до окисних змін може бути встановлена різними методами. Вимірювання антиоксидантної активності дає можливість оцінити сумарний вміст антиоксидантів у продуктах харчування.

Методи аналізу поділяються на дві основні групи:

- 1) методи, засновані на перенесенні атома водню,
- 2) методи, що базуються на перенесенні електрона. Зокрема, методи перенесення водню дають змогу виявити антиоксидантну активність амінокислотних залишків білків і пептидів, що здатні передавати атом водню [6].

Для визначення та характеристики антиоксидантної активності молока й молочних продуктів застосовують різноманітні показники: рівень вільних радикалів оксидів азоту, загальний вміст фенольних сполук і флавоноїдів, здатність інгібувати окиснення лінолевої кислоти, а також загальну відновлювальну активність. Окислення ліпідів у молоці оцінюється шляхом визначення числа подвійних зв'язків у жирних кислотах, вмісту вітамінів А, Е, С та аналізу загальної антиоксидантної активності.

Підвищення концентрації пероксидів слугує раннім індикатором початку процесу автоокислення, тому визначення цього параметра є ефективним способом оцінки окисного статусу молока і молочних продуктів. Для виявлення вторинних продуктів окиснення застосовується тест. Газова хроматографія також широко використовується для оперативного визначення окисного стану різних молочних виробів. Крім того, методи сенсорної оцінки залишаються популярним інструментом для виявлення ознак окисного псування молока та молочних продуктів [8].

Казеїни є основними білковими компонентами молока корів та кіз, та представлені у формі макромолекулярних агрегатів. У різних фракціях казеїну вміст фосфатних груп варіює: зокрема, альфа-, бета- містять відповідно 10,1 моль фосфатів на моль білка.

Макромолекулярні агрегати білків молока здатні проявляти антиоксидантні властивості шляхом нейтралізації реактивних форм кисню. Крім того, встановлено, що казеїни можуть інгібувати ліпідне автоокиснення, яке каталізується ферментом ліпоксигеназою.

Вільні амінокислоти неспроможні ефективно переривати радикальні ланцюгові реакції окиснення; натомість цю здатність мають поліпептидні структури казеїнів [7]. Було показано, що при додаванні заліза у знежирене молоко 72 % та 21 % металу асоціювалося з альфа- та бета-казеїнами відповідно. Також встановлено, що пептиди, утворені в результаті гідролізу казеїнів і які містять фосфосеринові залишки, ефективно зв'язують двовалентні метали і пригнічують активність ліпоксигенази [8].

Додавання таких казеїнових пептидів до молочних продуктів сприяє зменшенню швидкості окисного потемніння. Сироваткові білки молока також демонструють значну антиоксидантну активність, подібну до фосфопептидів, і виявляють здатність зв'язувати залізо як у ліпідних, так і у водних середовищах харчових систем [9].

Оскільки зміна кольору харчових продуктів під час зберігання є серйозною технологічною проблемою, покриття на основі казеїну знаходить комерційне застосування для захисту овочів та фруктів від окисного потемніння.

Кількісний склад казеїнових фракцій у молоці різних видів тварин представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

Кількісний склад казеїнових фракцій у молоці різних видів тварин

Показники	Корова	Коза	Вівця
Загальний вміст білка, г	28,0	33,4	59,0
Співвідношення вмісту казеїну/ білка, %	83	90	99

Вплив процесу дозрівання сирів на їх антиоксидантні властивості та антиоксидантні характеристики йогурту. Сир належить до групи ферментованих молочних продуктів і є чудовим джерелом високоякісного білка та молочного жиру. Він містить значну кількість жиророзчинних вітамінів і мінералів, зокрема кальцію та фосфатів.

Наприклад, дослідження антиоксидантної активності пептидів, що утворюються під час шестимісячного визрівання сиру, показало, що за методом нейтралізації радикалів 2,2-дифеніл-1-пікрилгідрозилу антиоксидантна активність підвищувалася до 98 %.

Сир виготовляли із застосуванням стартової культури *Lactobacillus paracasei* і протягом шести місяців відстежували зміни антиоксидантної активності. За

результатами різних аналітичних методів було встановлено, що нейтралізація та супероксидних радикалів зростала протягом перших чотирьох місяців визрівання завдяки утворенню водорозчинних пептидів, причому їх кількість прямо залежала від концентрації пептидів.

Досліджували також антиоксидантні властивості розсільного сиру, виготовленого з пастеризованого молока (90 °C, 10 хв). Встановлено, що в процесі дозрівання антиоксидантна активність як водорозчинної, так і нерозчинної фракції сиру зростала, що співвідносилось з рівнем протеолізу білкових компонентів [11].

Антиоксидантні характеристики йогурту вивчали на прикладі використання культури *Pediococcus pentosaceus* для виготовлення пробіотичних йогуртів з молока корів, кіз. Залежно від виду молока спостерігалось підвищення антиоксидантної активності на 86–93 % [10]. Йогурт як ферментований молочний продукт має особливі терапевтичні властивості, збагачується смаковими добавками.

В іншому дослідженні йогурти з коров'ячого, та козячого молока збагачували водними екстрактами буряка, де найвищу антиоксидантну активність показали зразки на основі козячого молока [10].

Додавання 60 мг вітаміну С, 12 мг вітаміну Е та 3 мг бета-каротину до йогурту значно підвищувало його антиоксидантну активність.

Культури *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* і *Streptococcus thermophilus* сприяють інгібуванню окислення ліпідів через нейтралізацію активних форм кисню. Молоко, сквашене за допомогою *Lactobacillus fermentum*, показало значно вищу антиоксидантну активність у порівнянні з контрольними зразками. Ферментація сприяла утворенню численних пептидів з альфа-лактальбуміну, бета-лактоглобуліну та альфа-казеїну, що обумовлює підвищення антиоксидантної активності продуктів [7].

Численні міжнародні дослідження підтвердили, що споживання ферментованих молочних продуктів позитивно впливає на рівень активних форм кисню в організмі, а також знижує ризик розвитку діабету та інших захворювань. Компоненти молока та молочних продуктів активно використовуються в харчовій промисловості для підвищення функціональної цінності продуктів харчування, а фосфопептиди казеїну знаходять застосування як добавки у фармацевтичних засобах.

Висновки. Молоко та молочні продукти, які є основним продуктом харчування людини, містять антиоксидантні компоненти та можуть бути використані для захисту організму людини від окислювального стресу. Крім використання у харчовій промисловості молоко та молочні продукти завдяки своїм захисним антиоксидантним властивостям можуть застосовуватися при комплексному лікуванні серцево-судинних захворювань, метаболічних розладів, а також хвороб шлунково-кишкового тракту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ahmed T., Hossain M., Sanin K.I. Global burden of maternal and child undernutrition and micronutrient deficiencies. *Ann. Nutr. Metab.* 2012. 61, P. 8–17.
2. Schmidhuber J., Sur P., Fay K., Fay K. The Global Nutrient Database: Availability of macronutrients and micronutrients in 195 countries from 1980 to 2013. *Lancet Planet. Health.* 2018. 2, P. 353–368.
3. Spitsberg V. L., Ivanov L., Shritz V. Recovery of milk fat globule membrane (MFGM) from buttermilk: effect of Ca-binding salts. *J. Dairy Res.* 2019. 86(3), P. 374–376.
4. Stobiecka M., Król J., Brodziak A. Antioxidant Activity of Milk and Dairy Products. *Animals (Basel).* 2022. 12(3), P. 245.

5. Лушак В. І., Багнюкова Т. В., Лушак О. В. Показники оксидативного стресу. 1. Тіобарбітурактивні продукти і карбонільні групи білків. *Укр. біохім. журн.* 2004. Т. 76. № 3. С. 136–141.
6. Осипчук Р. П., Кучменко О. Б. Біохімічна характеристика антиоксидантного потенціалу коров'ячого та козиного молока. *Молодий вчений.* 2021. № 11, С. 94–98.
7. Берник І. М., Новгородська Н. В., Соломон А. М., Овсієнко С. М., Бондар М. М. Інноваційні технології харчових виробництв: монографія. Вінниця: Видавець ФОП Кушнір Ю. В., 2022. 300 с.
8. Roye C., Bulckaen K., De Bondt Y., Liberloo I., Van de Walle D., Dewettinck K., Courtin C. M. Side-by-side comparison of composition and structural properties of wheat, rye, oat, and maize bran and their impact on in vitro fermentability. *Cereal chemistry.* 2020. 97(1), 20–33.
9. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Харчування як основний чинник збереження стану здоров'я населення. *Продовольчі ресурси.* 2016 № 2. С. 204–214.
10. Соломон А. М. Нові аспекти виробництва кисломолочних продуктів з пробіотичними властивостями. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гіжиського. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2022. Т. 24. № 98. С. 50–56.
11. Semko T., Palamarchuk V., Ivanishcheva O., Vasylyshyna O., Andrusenko N., Kryzhak L., Pahomska O., Solomon A. The production of the innovative craft cheese “Anchan”. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences.* 2022. Vol. 16. P. 705–720.

REFERENCES:

1. Ahmed, T., Hossain, M. & Sanin, K. I. (2012). Global burden of maternal and child undernutrition and micronutrient deficiencies. *Ann. Nutr. Metab.* 61, 8–17 [in English].
2. Schmidhuber, J., Sur, P., Fay, K., Fay, K. (2018) The Global Nutrient Database: Availability of macronutrients and micronutrients in 195 countries from 1980 to 2013. *Lancet Planet. Health*, 2, 353–368 [in English].
3. Spitsberg, V. L., Ivanov, L., Shritz, V. (2019) Recovery of milk fat globule membrane (MFGM) from buttermilk: effect of Ca-binding salts. *J. Dairy Res.* 86(3), 374–376 [in English].
4. Stobiecka, M., Król, J., Brodziak, A. (2022) Antioxidant Activity of Milk and Dairy Products. *Animals (Basel)*, 12(3), 245 [in English].
5. Lushchak, V. I., Bahniukova, T. V., Lushchak, O. V. (2004) Pokaznyky oksydatyvnoho stresu. Tiobarbituraktyvni produkty i karbonilni hrupy bilkiv [Indicators of oxidative stress. Thiobarbituractive products and carbonyl groups of proteins]. *Ukr. biokhim. zhurn.* – *Ukr. Biochim. Journal*, 76(3), 136–141 [in Ukrainian].
6. Osypchuk, R. P., Kuchmenko, O. B. (2021) Biokhimichna kharakterystyka antyoksydantnoho potentsialu korov'iachoho ta kozynoho moloka [Biochemical characteristics of the antioxidant potential of cow's and goat's milk]. *Molodyi vchenyi.* – *Young Scientist*, 11(99), 94–98 [in Ukrainian].
7. Bernyk I. M., Novgorodska N. V., Solomon A. M., Ovsienko S. M., Bondar M. M. (2022). Innovatsiyni tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv. [Innovative technologies of food production]. Monohrafiya. [Monograph]. Vinnytsia: Yu. V. Kushnir Publishing House. 300 p. [in Ukrainian].
8. Roye, C., Bulckaen, K., De Bondt, Y., Liberloo, I., Van de Walle, D., Dewettinck, K., Courtin, C. M. (2020) Side-by-side comparison of composition and structural properties of wheat, rye, oat, and maize bran and their impact on in vitro fermentability. *Cereal chemistry*, 97(1), 20– 33 [in English].
9. Simakhina G. O., Naumenko N. V. (2016). Kharchuvannya yak osnovnyy chynnyk zberezheniya stanu zdorov'ya naselennya. [Nutrition as the main factor in maintaining the state of health of the population]. *Prodovol'chi resursy.* [Food resources] № 2. S. 204–214. [in Ukrainian].

10. Solomon A. M. (2022). Novi aspekty vyrobnytstva kyslomolochnykh produktiv z probiotychnymy vlastyvostyamy. [New aspects of the production of fermented milk products with probiotic properties]. Naukovyy visnyk L'vivs'koho natsional'noho universytetu veterynarnoyi medytsyny ta biotekhnolohiy imeni S. Z. Gzhyts'koho. Seriya: Sil's'kohospodars'ki nauky. [Scientific Bulletin of S. Z. Gzhitsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology. Series: Agricultural sciences]. Vol. 24. No. 98. P. 50–56.
 11. Semko T., Palamarchuk V., Ivanishcheva O., Vasylyshyna O., Andrusenko N., Kryzhak L., Pahomska O., Solomon A. (2022). The production of the innovative craft cheese “Anchan”. [The production of the innovative craft cheese “Anchan”]. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. [Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences]. Vol. 16. P. 705–720.
-