

УДК 664.3

© 2025

## **ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИОКИСНЮВАЛЬНИХ ТА АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХЛОРОГЕНОВОЇ КИСЛОТИ У СКЛАДІ ЕМУЛЬСІЙНОГО ПРОДУКТУ**

*М.А. Лабейко*

*кандидат технічних наук*

*Український науково-дослідний інститут олій та жирів*

*Національної академії аграрних наук України*

*просп. Дзюби, 2-А, м. Харків, 61019, Україна*

*e-mail: labejkomarina@gmail.com*

*ORCID: 0000-0002-6306-6272*

*Надійшла 22.11.2024*

**Мета.** Перевірити антиоксидантні й антибактеріальні властивості зразка хлорогенової кислоти, отриманої із соняшникового шроту, у складі емульсійного продукту. **Методи.** Антиокиснювальну здатність контрольного зразка — модельної суміші «вода — олія соняшникова» та дослідного зразка — суміші «вода з додаванням 0,02% хлорогенової кислоти — олія соняшникова» досліджували методом диференційної сканувальної калориметрії (ДСК) через визначання індукційного періоду сумішей. Кількість антиоксиданту, що додається до модельної суміші, визначали згідно зі збірником стандартів на харчові продукти «Кодекс Аліментаріус. Харчові добавки та контамінанти». Антибактеріальну ефективність отриманого зразка хлорогенової кислоти, яку в кількості 1000 мг/кг (кількість промислового консерванта згідно з ДСТУ 4487:2015) додавали до майонезу «Провансаль» як консервант, перевіряли методом визначення кількості плісневих грибів, дріжджів, патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій роду *Salmonella*, бактерій групи кишкової палички (БГКП). Кількість БГКП визначали згідно з ГОСТ 30518-97, плісневих грибів та дріжджів — згідно з ДСТУ 8447:2015, а патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій роду *Salmonella*, — згідно з інструкцією № 1135-73. **Результати.** Встановлено періоди індукції контрольного (вода — олія соняшникова) та дослідного (вода з додаванням 0,02% хлорогенової кислоти — олія соняшникова) зразків за двох температурних режимів — 90 і 110 °С. Під час проведення експерименту за температури 110 °С у дослідному зразку спостерігали вищий на 19% порівняно з контрольним зразком приріст періоду індукції, а за температури 90 °С — на 28%. Отриманий зразок хлорогенової кислоти було перевірено на антибактеріальну здатність. Доведено, що після зберігання свіжовиробленого майонезу протягом

**двох тижнів за температури 35 °С кількість дріжджів у зразку майонезу з додаванням консерванту — хлорогенової кислоти — становила менш ніж 10 КУО/г (як і у свіжовироблених зразках), а у зразку майонезу без додавання консерванту —  $20 \pm 7,9$  КУО/г. Висновки. Аналіз установлених за допомогою методу ДСК періодів індукції свідчить про часткове руйнування хлорогенової кислоти за більш високих температур, що призводить до зниження її антиокиснювальної здатності. У разі проведення подальших досліджень рекомендовано знизити температуру експерименту. Перевірка антибактеріальних властивостей отриманого із соняшникового шроту зразка хлорогенової кислоти у складі емульсійного продукту — майонезу «Провансаль» — показала позитивний результат: після зберігання свіжовиробленого майонезу протягом двох тижнів за температури 35 °С кількість дріжджів у зразку, до якого додавали консервант (як і у свіжовироблених зразках), не зростала (становила менш ніж 10 КУО/г), а у зразку без консерванту спостерігали досить активний ріст дріжджів ( $20 \pm 7,9$  КУО/г).**

**Ключові слова:** природний антиоксидант, модельна суміш, антиоксидантна здатність, диференційна сканувальна калориметрія, період індукції, мікробіологічні показники, майонез.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202502-09>

Безвідходне виробництво та зниження собівартості кінцевої продукції — це мета, якої намагається досягти кожне підприємство. Не є винятком і підприємства олієжирової галузі. Після вилучення олії з насіння соняшнику залишається вторинний продукт — соняшниковий шрот [1], що використовується переважно як корм для сільськогосподарських тварин. Проте численні літературні джерела, зокрема [2, 3], позиціонують соняшниковий шрот як джерело цінних продуктів — рослинного білка [4] та хлорогенової кислоти [5, 6]. І якщо методу отримання соняшникового білка зі шроту та перевірки його якісних характеристик і властивостей присвячено багато досліджень [7], то інформації щодо вилучення хлорогенової кислоти як кристалічної сполуки досить мало.

Варто зазначити, що хлорогенова кислота — це природна сполука, яка належить до ряду фенолів з однією чи кількома гідроксильними групами.

Утворення фенольних сполук — характерна особливість рослинної клітини. Рослини здатні синтезувати десятки тисяч таких сполук. Феноли тією чи іншою мірою виявляють антиоксидантну ефективність, засновану на їх здатності віддавати електрон і протон та переходити у форму відносно стабільного фенокисьного радикала, здатного делокалізувати неспарений електрон. Вони легко взаємодіють з активними формами кисню. Спочатку фенольні сполуки окиснюються до фенокисьних радикалів, подальше окиснення яких викликає утворення хінонів [8].

Загалом хлорогенова кислота має широкий спектр біологічної активності [9]. Вона здатна інгібувати ріст пухлин (in vitro) [10], виявляє інгібуючий ефект щодо раку печінки, гортані, колоректального раку [11–17], а також має протигрибкову, противірусну [18], протимікробну, протигіпертензивну [19] дію. Крім того, хлорогенова кислота запобігає розвитку цукрового діабету

другого типу [20], сприяє зниженню ваги та регуляції обмінних процесів, підвищує еластичність судин [21], покращує стан шкіри завдяки нормалізації процесів постачання кисню до клітин, попереджує захворювання серцево-судинної системи, зміцнює м'язи та кістки, а також виконує очищувальні функції (нормалізує роботу печінки, чинить легкий сечогінний та послаблювальний ефект) [8].

Зауважимо, що, маючи такий спектр біологічної активності, хлорогенова кислота водночас характеризується відносно низькою токсичністю та відсутністю побічних ефектів [8]. Завдяки всім переліченим вище властивостям хлорогенову кислоту використовують для створення харчових домішок і косметичних виробів.

Беручи до уваги вказані відомості щодо позитивного впливу хлорогенової кислоти на організм людини, а також той факт, що її можна отримувати з дешевої вторинної сировини олієжирових виробництв, слід констатувати, що вилучення та використання хлорогенової кислоти має науковий та практичний інтерес. Крім того, викликає зацікавленість той факт, що вказана фенольна сполука потенційно може бути використана як антиоксидант та консервант в олієжировій промисловості.

**Мета досліджень** — перевірити антиоксидантні й антибактеріальні властивості зразка хлорогенової кислоти, отриманої із соняшникового шроту, у складі емульсійного продукту.

**Матеріали та методи досліджень.** Антиокиснювальну здатність контрольного та дослідного зразків досліджували методом диференційної сканувальної калориметрії (ДСК). Контрольним зразком слугувала суміш «вода — олія соняшникова», а дослідним — суміш «вода з додаванням 0,02% хлорогенової кислоти — олія соняшникова». Антибактеріальну ефективність зразка хлорогенової кислоти, отриманої із

соняшникового шроту, перевіряли, додаючи хлорогенову кислоту до складу майонезу «Провансаль» з подальшим зберіганням зразків майонезу (з хлорогеновою кислотою та без неї) і визначаючи в них кількість плісневих грибів, дріжджів, патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій роду *Salmonella*, й бактерій групи кишкової палички (БГКП). Кількість хлорогенової кислоти, доданої до майонезу, дорівнювала кількості промислового консерванту — сорбінової кислоти, а саме 1000 мг/кг, що відповідає ДСТУ 4487:2015. Уміст БГКП визначали згідно з ГОСТ 30518-97, плісневих грибів та дріжджів — згідно з ДСТУ 8447:2015, а патогенних мікроорганізмів, серед них і бактерій роду *Salmonella*, — згідно з інструкцією № 1135-73.

**Результати досліджень.** Для проведення експериментів використали отриманий у попередніх дослідженнях зразок кристалічної хлорогенової кислоти, що мав найвищий ступінь чистоти, а саме 98,27% основної речовини.

Аналізуючи властивості хлорогенової кислоти, слід зауважити, що вона розчиняється у воді й не розчиняється в оліях та жирах. Цей факт унеможливає перевірку антиоксидантної здатності отриманого продукту безпосередньо в оліях, тому було вирішено перевірити його антиоксидантні властивості у складі емульсійного продукту (основи майонезу) — модельної суміші «вода — олія соняшникова».

Експерименти проводили із застосуванням методу диференційної сканувальної калориметрії. Як контрольний зразок використовували суміш «вода — олія соняшникова», а як дослідний — суміш «вода з додаванням 0,02% хлорогенової кислоти — олія соняшникова». Кількість антиоксиданту, що додається до модельної суміші, визначали згідно зі збірником стандартів на харчові продукти «Кодекс Аліментаріус. Харчові добавки та контамінанти». В основу

**1. Періоди індукції досліджуваних зразків, хв**

Зразок	Температура, °C	
	110	90
Контрольний	236 ± 4	943 ± 31
Дослідний	290 ± 6	1300 ± 43

досліджень покладено порівняння періодів індукції контрольного та дослідного зразків, визначених за температур 90 та 110 °C (табл. 1).

Наведені у табл. 1 дані свідчать про збільшення періоду індукції в дослідному зразку порівняно з контрольним. Водночас проведення експерименту за температури 110 °C дає приріст періоду індукції дослідного зразка на 19%, а за температури 90 °C — на 28%. Це свідчить про часткове руйнування хлорогенової кислоти за більш високих температур. Відомо, що під час роботи на диференційному сканувальному калориметрі підвищення температури на 10 °C призводить до підвищення швидкості окиснення олій удвічі. Тому у разі проведення подальших дослід-

жень температуру експериментів рекомендовано істотно знижувати.

З огляду на те, що дослідження проводили в досить екстремальних умовах (прискорене окиснювання), тобто за високих температур, а температура зберігання продукції для реалізації споживачу не вища за 40 °C, можна припустити, що термін зберігання готової продукції (наприклад, майонезу) з додаванням отриманого антиоксиданту може бути значно вищий за визначений у цьому експерименті.

Досліджували також можливість використання отриманого зразка хлорогенової кислоти як консерванта у складі емульсійного продукту — майонезу «Провансаль». Кількість уведеного дослідного консерванта дорівнювала кількості промислового консерванта — сорбінової кислоти (1000 мг/кг) згідно з ДСТУ 4487:2015. У табл. 2 наведено рецептуру майонезу «Провансаль», за якою було виготовлено продукт із додаванням хлорогенової кислоти.

За наведеною у табл. 2 рецептурою було виготовлено два зразки майонезу партіями по 0,15 кг — без додавання

**2. Рецептура майонезу «Провансаль» з додаванням отриманого консерванта хлорогенової кислоти**

Компонент	Масова частка компонента на 100 г продукту, % (г)
Олія рослинна рафінована дезодорована	65,40
Яєчний порошок	4,00
Молоко сухе знежирене	2,00
Цукор	1,50
Сіль кухонна	0,7
Гірчичний ароматизатор	0,045
Натрій двовуглекислий	0,0–0,05
Оцтова кислота 80%	0,75
Консервант (хлорогенова кислота)	0,0/0,1
Вода	25,605* (25,555)** 25,505*** (25,455)****

\*Без натрію двовуглекислого та консерванта; \*\*без натрію двовуглекислого та з консервантом; \*\*\*з натрієм двовуглекислим та без консерванта; \*\*\*\*з натрієм двовуглекислим та консервантом.

та з додаванням консерванта. Під час приготування майонезу з консервантом на стадії змішування хлорогенової кислоти з частиною компонентів, а саме: води з яєчним порошком, цукром, сіллю, колір суміші змінився з жовтого на сіруватий (рисунок, а). Це пов'язане зі специфічними властивостями хлорогенової кислоти: у нейтральному, а особливо в лужному, середовищі вона набуває зеленого чи коричневого кольору.

Після додавання соняшникової олії та оцтової кислоти, які за технологією виготовлення майонезу вводяться в останню чергу, і подальшого перемішування, колір суміші змінився на звичайний (рисунок, б).

Колір обох зразків не змінився навіть після їх тривалого зберігання. Це можна пояснити наявністю у складі майонезу кислотного агента — оцтової кислоти;

хлорогенова кислота, як відомо, не виявляє своїх специфічних властивостей у кислому середовищі.

Свіжовироблені зразки майонезу перевіряли на наявність плісневих грибів та дріжджів, патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій роду *Salmonella*, бактерій групи кишкової палички (БГКП). Дослідження здійснювали на комунальному підприємстві «Санепідсервіс». Після зберігання майонезу протягом двох тижнів за температури 35 °С (температура навколишнього середовища) дослідження провели повторно. Згідно з отриманими результатами, кількість дріжджів у зразку майонезу з додаванням консерванта — хлорогенової кислоти — становила менш ніж 10 КУО/г (як і у свіжовироблених зразках), а у зразку майонезу без додавання консерванту —  $20 \pm 7,9$  КУО/г. Ці значення



а



б

**Контрольний (ліворуч) та дослідний (праворуч) зразки майонезу після змішування консерванта з іншими компонентами (а) та після введення соняшникової олії й оцтової кислоти (б)**

відповідають наведеним у нормативній документації, однак кількість дріжджів у контрольному зразку вказує на їх розвиток під час зберігання, тоді як у зраз-

ку майонезу, що містив консервант, дріжджі не утворюються. Це свідчить про антибактеріальні властивості дослідного зразка хлорогенової кислоти.

## **Висновки**

*Методом ДСК визначено антиоксидантну активність дослідного зразка хлорогенової кислоти — модельної суміші «вода з додаванням 0,02% хлорогенової кислоти — олія соняшникова» та контрольного — модельної суміші без додавання хлорогенової кислоти. Під час проведення експерименту за температури 110 °С у дослідному зразку спостерігався приріст періоду індукції на 19%, а за температури 90 °С — на 28%, що вказує на часткове руйнування хлорогенової кислоти за вищих температур.*

*Перевірка антибактеріальних властивостей зразка хлорогенової кислоти у складі емульсійного продукту — майонезу «Провансаль» — показала, що після*

*зберігання свіжовиробленого майонезу протягом двох тижнів за температури 35 °С зростання кількості дріжджів у зразку майонезу, до якого додавали консервант (хлорогенову кислоту), як і у свіжовироблених зразках, не виявлено (менш ніж 10 КУО/г), а в зразку майонезу, що не містив консерванта, спостерігали досить активний ріст дріжджів ( $20 \pm \pm 7,9$  КУО/г).*

*У разі використання хлорогенової кислоти як антиокислювача та консерванта в жирозмісних харчових продуктах слід брати до уваги її здатність змінювати колір залежно від середовища (лужного, кислого), а також температуру застосування.*

### **Labeiko M.**

*Ukrainian Research Institute of oils and fats of NAAS, 2-A Dziuba Ave., Kharkiv, 61019, Ukraine; e-mail: labejkomarina@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6306-6272*

### **Study of antioxidant and antibacterial properties of chlorogenic acid in the emulsion product**

**Goal.** To study the antioxidant and antibacterial properties of the chlorogenic acid sample obtained from sunflower meal as part of the emulsion product. **Methods.** The antioxidant capacity of the control sample — model mixture “water — sunflower oil” and the prototype — mixture “water with the addition of 0.02% of chlorogenic acid — sunflower oil” was investigated by differential scanning calorimetry (DSC) by determining the induction period of the mixtures. The amount of antioxidants added to the model mixture was determined according to the food standards collection “Codex Alimentarius. Food additives and contaminants”. Antibacterial efficiency of the

obtained chlorogenic acid sample, which was in the amount of 1000 mg/kg (the amount of industrial preservative according to DSTU 4487:2015) was added to Provençal mayonnaise as a preservative, was checked by the method of determining the number of mold fungi, yeast, pathogenic microorganisms, in particular bacteria of the genus *Salmonella*, bacteria of the *E. coli* group (BECG). The amount of BECG was determined according to DSTU 30518-97, mold fungi and yeast — according to DSTU 8447:2015, and pathogenic microorganisms, in particular bacteria of the genus *Salmonella* — according to instruction No. 1135-73. **Results.** The periods of induction of the control (water — sunflower oil) and experimental (water with the addition of 0.02% of chlorogenic acid — sunflower oil) samples were established at two temperature regimes — 90 and 110 °C. During the experiment, at a temperature of 110 °C, a 19% increase in the induction period was observed in the test sample compared to the control

sample, and at a temperature of 90°C — 28% increase. The obtained chlorogenic acid sample was tested for antibacterial ability. It was proved that after storing freshly produced mayonnaise for two weeks at a temperature of 35°C, the amount of yeast in a sample of mayonnaise with the addition of a preservative — chlorogenic acid — was less than 10 CFU/g (as in freshly produced samples), and in a sample of mayonnaise without the addition of a preservative — 20±7.9 CFU/g. **Conclusions.** Analysis of the induction periods established by the DSC method indicated a partial destruction of chlorogenic acid at higher temperatures, which led to a decrease in its antioxidant capacity. In case of further studies, it is recommended to lower the temperature of the experiment. Verification of

the antibacterial properties of the chlorogenic acid sample obtained from sunflower meal as part of the emulsion product — Provencal mayonnaise — showed a positive result: after storing the freshly produced mayonnaise for two weeks at a temperature of 35°C, the amount of yeast in the sample to which the preservative was added (as in the freshly produced samples) did not increase (was less than 10 CFU/g), and in the sample without a preservative, rather active yeast growth was observed (20 ± 7.9 CFU/g).

**Key words:** natural antioxidant, model mixture, antioxidant capacity, differential scanning calorimetry, induction period, microbiological parameters, mayonnaise

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202502-09>

## Бібліографія

1. Лабейко М.А., Любченко Н.М. О ценности подсолнечного шрота в качестве источников природных антиоксидантов. *Масложировой комплекс*. 2019. 2(65). С. 34–38.

2. Labeiko M., Gladkiy F., Vochkarev S. et al. Analysis of the influence of technological parameters of the chlorogenic acid extraction process from sunflower meal on the degree of its extraction. *Technology audit and production reserves*. 2020. 1/3(51). P. 38–43. doi: 10.15587/2312-8372.2020.198765

3. Лабейко М.А., Гладкий Ф.Ф., Жулинская О.В. и др. Влияние способа экстрагирования на эффективность извлечения хлорогеновой кислоты из подсолнечного шрота. *Norwegian Journal of development of the International Science*. 2020. 2(44). P. 23–27.

4. Шаповалова І.Є., Федякіна З.П. Можливість отримання природного антиоксиданту з соняшникового шроту. *Посібник українського хлібороба*. 2014. 2. С. 137–138.

5. Schmidt S., Pokorny J. Potential application of oilseeds as source of antioxidants for food lipids—a review. *Czech J Food Sci*. 2005. 23(93). P. 102.

6. Sharma P., Wichaphon J., Klangpetch W. Antimicrobial and antioxidant activities of defatted *Moringa oleifera* seed meal extract

obtained by ultrasound-assisted extraction and application as a natural antimicrobial coating for raw chicken sausages. *International Journal of Food Microbiology*. 2020. 2(332). doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108770

7. Литвиненко О.А., Гладкий Ф.Ф., Федякіна З.П. Виробництво харчових форм білків із насіння олійних культур. Київ: Аграрна наука, 2016. 52 с.

8. Лабейко М.А. Технологія одержання і використання природних антиоксидантів із вторинних продуктів олієжирових виробництв: дис. канд. техн. наук. Харків, 2021. 243 с.

9. Altunoglu Y.C., Can T.H., Tufekci E.F. et al. Comprehensive approaches on chemical composition and biological properties of *Daphne pontica* L. extracts. *Plant Biosystems*. 2020. 156(1). doi: 10.1080/11263504.2020.1837282

10. Xu R., Kang Q., Ren J. et al. Antitumor molecular mechanism of chlorogenic acid on inducing genes *gsk-3β* and *apc* and inhibiting gene  $\beta$ -catenin. *J. of Analytical Methods in Chemistry*. 2013. 6. P. 1–7. doi: 10.1155/2013/951319

11. Pellati F., Benvenuti S., Magro L. et al. Analysis of phenolic compounds and radical scavenging activity of *Echinacea* spp. *J. of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*.

2004. 35(2). P. 289–301. doi: 10.1016/S0731-7085(03)00645-9

12. Liu and J.-H., Qiu A.-Y. Chlorogenic acid extraction and purification and application prospects. *J. of Cereals&Oils*. 2003. 9. P. 444–446.

13. Matsunaga K., Katayama M., Sakata K. et al. Inhibitory effects of chlorogenic acid on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in male F344 rats. *Asian Pacific J. of Cancer Prevention*. 2002. 3. P. 163–166.

14. Kurata R., Adachi M., Yamakawa O., Yoshimoto M. Growth suppression of human cancer cells by polyphenolics from sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. *J. of Agricultural and Food Chemistry*. 2007. 55. P. 185–190. doi: 10.1021/jf0620259

15. Rylova S.N., Amalfitano A., Persaud-Sawin D.A. et al. The CLN3 gene is a novel molecular target for cancer drug discovery. *Cancer Research*. 2002. 62(1). P. 801–808.

16. Pereira R.C., Delany A.M., Canalis E. CCAAT/enhancer binding protein homologous protein (DDIT3) induces osteoblastic cell differentiation. *Endocrinology*. 2004. 145(4).

P. 1952–1960. <https://doi.org/10.1210/en.2003-0868>

17. Kang T.Y., Yang H.R., Zhang J. et al. The Studies of Chlorogenic Acid Antitumor Mechanism by Gene Chip Detection: The Immune Pathway Gene Expression. *J. of Analytical Methods in Chemistry*. 2013. 1. P. 7. doi:10.1155/2013/617243

18. Jassim S.A.A., Naji M.A. Novel antiviral agents: a medicinal plant perspective. *J. of Applied Microbiology*. 2003. 95(3). P. 412–427. doi: 10.1046/j.1365-2672.2003.02026.x

19. Zhao Y., Wang J., Ballevre O. et al. Anti-hypertensive effects and mechanisms of chlorogenic acids. *Hypertension Research*. 2012. 35(4). P. 370–375. doi: 10.1038/hr.2011.195

20. Paynter N.P., Yeh H.C., Voutilainen S. et al. Coffee and Sweetened Beverage Consumption and the Risk of Type 2 Diabetes Mellitus (abstract). *American J. of Epidemiology*. 2006. 164(11). P. 1075–1084. doi: 10.1093/aje/kwj323

21. Полова Н.В. Кислоти гідроксикоричні: фармац. енцикл.; за ред. В.П. Черних. Київ: Моріон, 2016. 1951 с.