

## **МОДЕЛЮВАННЯ КОНДУКТИВНОГО ЖАРЕННЯ СІЧЕНИХ М'ЯСНИХ ВИРОБІВ ЗА УМОВ ПОСДНАННЯ ЗНИЖЕНИХ ТЕМПЕРАТУР ПОВЕРХОНЬ НАГРІВУ ТА ПІДВИЩЕНОГО ПРИТИСКОНОГО ТИСКУ**

**В.О. Скрипник, А.О. Семенов, О.В. Калашник, О.О. Бобошко**

*Досліджено процес кондуктивного жарення посічених м'ясних виробів за знижених температур поверхонь нагріву та підвищеного притискного тиску. Побудовано математичні моделі тривалості процесу та виходу продукту. Установлено закономірності впливу факторів і визначено раціональний режим: температура поверхонь 140 °С та тиск 7 кПа.*

***Ключові слова:** кондуктивне жарення, м'ясні вироби, математичне моделювання, температура жарення, притискний тиск, теплоперенесення, тривалість процесу, вихід продукту, якість.*

### **MODELING OF CONDUCTIVE FRYING OF MINCED MEAT PRODUCTS AT REDUCED HEATING SURFACE TEMPERATURES**

**V. Skrypnyk, A. Semenov, O. Kalashnyk, O. Boboshko**

*Conductive frying is an intensive method of heat treatment widely used in food processing. Heat is transferred directly from heated surfaces to the product, which provides rapid heating and the formation of desirable sensory properties of the finished product.*

*Traditional frying processes usually involve relatively high surface temperatures. Such conditions may increase moisture losses, reduce product yield, and promote the formation of undesirable thermal degradation compounds. Therefore, the development of technological solutions that allow a reduction of frying temperature while maintaining sufficient heat transfer intensity is an important task of food technology.*

*The aim of the study was to determine the influence of heating surface temperature and compression pressure on the duration of conductive frying and the yield of minced meat products. The objectives included experimental investigation of the frying process, development of mathematical models describing the influence of technological parameters, and determination of rational operating conditions.*

*Experimental studies were carried out using a laboratory contact heating unit designed for conductive heat transfer processes. Minced meat samples were fried between heated metal plates at surface temperatures of 120–140 °C and compression pressures of 3–7 kPa. The initial temperature of the samples was 5 °C. The end of the frying process was determined by reaching a temperature of 72 °C in the geometric*

*center of the product. The experimental design was based on a second-order factorial design. Regression analysis was used to obtain mathematical models and response surfaces describing the influence of the studied factors.*

*The results showed that the frying duration significantly depends on both heating surface temperature and compression pressure. Increasing the temperature from 120 to 140 °C reduced the process duration by approximately 35%. Increasing compression pressure from 3 to 7 kPa additionally reduced frying time by about 20%. Mathematical models describing the duration of the frying process and the yield of the finished product were obtained. Response surfaces were constructed to analyze the combined influence of the studied factors. The maximum product yield reached 0.91. Quality evaluation demonstrated improved sensory characteristics, higher moisture content, and lower shear force compared with products fried using the traditional pan-frying method.*

*The obtained results confirm that increased compression pressure improves thermal contact between the product and heating surfaces and intensifies conductive heat transfer. The rational operating mode corresponds to a heating surface temperature of 140 °C and a compression pressure of 7 kPa, which ensures minimal processing time, maximum product yield, and high quality of the finished product.*

**Keywords:** *conductive frying, minced meat products, mathematical modeling, frying temperature, compression pressure, heat transfer, process duration, product yield, quality.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Кондуктивне жарення є ефективним способом теплової обробки м'ясних продуктів, що забезпечує інтенсивне підведення теплоти від нагрітих поверхонь до продукту та швидке досягнення кулінарної готовності. Разом з тим використання високих температур поверхонь нагріву може призводити до збільшення втрат маси та погіршення якості виробів. Одним із перспективних напрямів інтенсифікації процесу є застосування механічного стискання продукту між нагрітими поверхнями, що покращує тепловий контакт і зменшує тепловий опір контактної зони. За таких умов підвищений притискний тиск здатний частково компенсувати зниження температури поверхонь нагріву. Водночас закономірності спільного впливу цих факторів на параметри процесу кондуктивного жарення січених м'ясних виробів досліджені недостатньо.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Процеси контактного (кондуктивного) нагрівання м'ясних напівфабрикатів детально досліджені в роботах [1–8]. Показано, що інтенсивність прогрівання визначається температурою поверхонь нагріву та умовами теплового контакту «виріб – нагрівальна поверхня», а математичне моделювання дозволяє адекватно описувати кінетику прогрівання та вплив технологічних факторів. Водночас узагальнені моделі спільного впливу

температури поверхонь і притискового тиску саме для січених м'ясних виробів потребують уточнення, що й обумовлює мету цієї роботи.

Значна кількість робіт присвячена оптимізації режимів жарення та формуванню органолептичних характеристик м'ясних виробів. Установлено, що температура поверхонь нагріву істотно впливає на швидкість теплової обробки, втрати маси та структуру продукту [5, 9]. Підвищення температури дозволяє скоротити тривалість процесу, однак супроводжується інтенсифікацією випаровування вологи та збільшенням втрат маси. Крім того, надмірно високі температури поверхні можуть сприяти утворенню небажаних продуктів термічного перетворення, зокрема гетероциклічних амінів, що негативно впливають на безпечність харчових продуктів [10, 11].

Дослідження також спрямовані на підвищення енергоефективності процесів теплової обробки. Показано, що оптимізація температурних режимів і використання математичного моделювання дозволяють зменшити питомі енерговитрати та підвищити ефективність використання теплоти [12–17].

Окремий напрям досліджень пов'язаний із розробленням і вдосконаленням технологій кондуктивного жарення м'ясних виробів, що забезпечують підвищення енергетичної та ресурсної ефективності технологічних процесів. Узагальнення сучасного стану розвитку технологій кондуктивного жарення, а також аналіз енергетичних і технологічних аспектів процесу наведено у монографічних дослідженнях [18, 19].

Разом з тим аналіз наукових джерел свідчить, що питання інтенсифікації процесу кондуктивного жарення м'ясних січених виробів за рахунок підвищення притискового тиску при одночасному зниженні температури поверхонь нагріву досліджені недостатньо. Зокрема, відсутні узагальнені математичні моделі, що описують спільний вплив цих факторів на тривалість процесу та вихід готового продукту, що зумовлює необхідність їх експериментального дослідження і математичного моделювання.

**Мета статті** – установлення закономірностей процесу кондуктивного жарення м'ясних січених виробів за знижених температур поверхонь нагріву та підвищеного тиску стискання на основі математичного моделювання і визначення раціональних режимів теплової обробки.

Наукова новизна дослідження полягає у встановленні закономірностей кондуктивного жарення січених м'ясних виробів за умов поєднання знижених температур поверхонь нагріву та

підвищеного притискового тиску як взаємокомпенсуючих факторів. Обґрунтовано механізм підтримання інтенсивності теплоперенесення за рахунок підвищення притискового тиску при зниженні температурного рівня. Отримано узагальнені математичні моделі, що описують сильний вплив зниженої температури поверхонь жарення і притискового тиску на тривалість процесу та вихід готового продукту.

**Матеріали та методи.** У роботі [20] наведено експериментальний стенд для дослідження процесів кондуктивного сушіння, який у даному дослідженні використано з адаптацією до умов жарення. Адаптація полягала у зміні температурного режиму нагрівальних поверхонь (120...140 °С), забезпеченні двостороннього підведення теплоти та зміні критерію завершення процесу – досягнення температури (72 ± 1) °С у геометричному центрі зразка [21, 22]. Конструкція установки дозволяє реалізувати регульований притисковий тиск і умови інтенсивного теплового контакту, характерні для процесу кондуктивного жарення.

Температуру кожної нагрівальної поверхні підтримували автоматично з точністю ±1 °С. Температуру у геометричному центрі зразка контролювали термопарою.

Матеріалом дослідження були м'ясні посічені напівфабрикати масою (100 ± 1) г, діаметром 90 мм і товщиною (15 ± 1) мм. Початкова температура зразків становила 5 °С. Рецепт фаришу відповідав вимогам ДСТУ 4437:2005 [23].

Для узагальнення результатів застосовано методи факторного планування експерименту та регресійного аналізу [24, 25]. Варійованими факторами були: температура поверхонь жарення  $t_p$  (120, 130, 140 °С) та надлишковий тиск стискання  $p$  (3, 5, 7 кПа).

Перехід до кодованих змінних здійснювали за співвідношеннями

$$A = \frac{t_p - t_0}{\Delta t}, B = \frac{p - p_0}{\Delta p}$$

де  $t_p$  – температура поверхонь жарення, °С;  $p$  – тиск стискання, кПа;  $t_0 = 130$  °С,  $p_0 = 5$  кПа – значення факторів у центрі плану;  $\Delta t = 10$  °С,  $\Delta p = 2$  кПа – інтервали варіювання.

Дослідження виконували за планом другого порядку з варіюванням температури поверхонь нагріву (120–140 °С) і притискового тиску (3–7 кПа). За результатами експерименту будували квадратичні регресійні моделі, а їх адекватність оцінювали методами дисперсійного аналізу.

На основі отриманих експериментальних даних будували регресійні моделі другого порядку, що описують вплив температури поверхонь жарення та тиску стискання на тривалість процесу та вихід

готового продукту. Матриця планування експерименту наведена в таблиці 1 разом з результатами визначення.

Якість готових виробів оцінювали за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками відповідно до стандартних методик [24–33].

Статистичну обробку результатів здійснювали методами дисперсійного аналізу (ANOVA) та кореляційного аналізу [24, 25]. Для комплексної оцінки якості застосовано інтегральний показник, розрахований за підходом Derringer–Suich [17].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Результати експериментального дослідження процесу кондуктивного жарення посічених м'ясних виробів за різних температур поверхонь нагріву  $t_p$  і питомого тиску стискання  $p$  наведено в табл. 1.

Таблиця 1

**Результати експериментального дослідження процесу кондуктивного жарення**

№ досліджу	A	B	$t_p$ , °C	$p$ , кПа	Тривалість жарення $\tau$ , с	Вихід готового продукту $z$
1	1	-1	140	3	220	0,87
2	1	1	140	7	200	0,91
3	0	0	130	5	312	0,89
4	0	0	130	5	310	0,90
5	-1	1	120	7	358	0,90
6	0	0	130	5	310	0,88
7	-1	1	120	7	360	0,91
8	1	-1	140	3	220	0,88
9	1	0	140	5	210	0,90
10	0	0	130	5	311	0,89
11	0	1	130	7	300	0,90
12	-1	0	120	5	370	0,89
13	-1	-1	120	3	382	0,86
14	-1	0	120	5	369	0,90
15	0	1	130	7	300	0,91
16	0	0	130	5	309	0,89
17	1	0	140	5	210	0,88
18	0	-1	130	3	320	0,88
19	-1	-1	120	3	380	0,87
20	0	0	130	5	310	0,90
21	1	1	140	7	200	0,91
22	0	-1	130	3	322	0,88

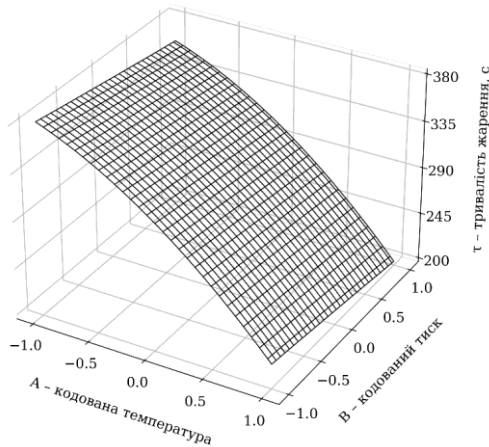
Аналіз отриманих даних показав, що тривалість процесу істотно залежить від температури поверхонь жарення та притискового тиску. При підвищенні температури від 120 до 140 °С за сталого тиску  $p = 5$  кПа тривалість жарення скорочується приблизно на 110 с ( $\approx 35\%$ ), що пояснюється зростанням теплового потоку в зоні контакту між нагрівальною поверхнею і продуктом.

Збільшення притискового тиску від 3 до 7 кПа додатково зменшує час жарення приблизно на 60 с (близько 20%), оскільки підвищується реальна площа контакту між поверхнею зразка і нагрівальною плитою та зменшується контактний тепловий опір.

Для узагальнення експериментальних результатів отримано математичну модель тривалості процесу жарення:

$$\tau(A, B) = 310,231 - 79,75A - 10,077B - 20,327A^2 + 0,481AB - 0,442A^2B - 0,269AB^2. \quad (1)$$

Поверхня відгуку тривалості жарення наведена на рис. 1.



**Рис. 1. Поверхня відгуку тривалості жарення  $\tau = f(A, B)$  у кодованих координатах**

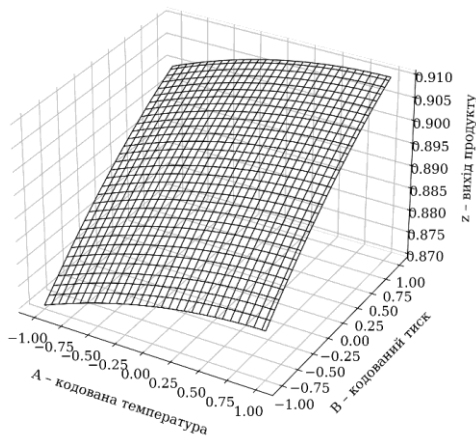
Мінімальні значення тривалості процесу розташовані у зоні підвищених температур і тисків. У дослідженому інтервалі факторів тривалість жарення змінюється від  $\approx 380$  с (120 °С, 3 кПа) до  $\approx 200$  с (140 °С, 7 кПа), що відповідає її скороченню на 45...50%. У центральній

точці плану експерименту (130 °С, 5 кПа) тривалість становить близько 310 с. Найбільш інтенсивне зниження тривалості спостерігається в діапазоні температур 130...140 °С і тиску 5...7 кПа. Незначна варіація експериментальних значень у повторних дослідах свідчить про низьку дисперсію відтворюваності та підтверджує адекватність отриманої математичної моделі.

Вихід готового продукту також залежить від параметрів процесу. За результатами математичної обробки отримано квадратичну модель:

$$z = 0,8950 + 0,0050A + 0,0150B - 0,0025A^2 - 0,0025B^2. \quad (2)$$

Коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,98$  підтверджує адекватність отриманої моделі та відповідність між розрахунковими й експериментальними значеннями. Графічне представлення поверхні відгуку наведено на рис. 2.



**Рис. 2. Поверхня відгуку виходу готового продукту  $z = f(A, B)$  у кодованих координатах**

Отримана поверхня відгуку має максимум у зоні підвищених температур і тисків. У дослідженому інтервалі факторів вихід готового продукту змінюється в межах 0,86...0,91, причому максимальні значення ( $\approx 0,91$ ) досягаються при поєднанні температури поверхонь нагріву 140 °С і притискового тиску 7 кПа. Підвищення притискового тиску від 3 до 7 кПа забезпечує зростання виходу на 3...4 %, що пояснюється покращенням теплового контакту між продуктом і нагріваючою поверхнею.

Якість готових виробів оцінювали за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками відповідно до стандартних методик [24–33]. Як контрольний варіант обрано традиційне жарення на сковороді як найбільш поширений у практиці спосіб теплової обробки січених м'ясних виробів, що забезпечує базовий рівень порівняння. На відміну від раніше досліджених режимів контактного жарення, у даній роботі розглядається вплив притискового тиску як керованого технологічного фактору за зниженого температурного рівня, що обумовлює використання традиційного способу як контрольного. Результати наведено в табл. 2.

Порівняння з контрольними зразками показало, що вироби, отримані методом кондуктивного жарення під тиском, характеризуються вищими органолептичними показниками, більшим вмістом вологи та меншим зусиллям зрізу. Мікробіологічні показники відповідали нормативним вимогам.

Отримані результати підтверджують, що поєднання підвищеного притискового тиску з помірними температурами поверхонь нагріву забезпечує інтенсифікацію процесу кондуктивного жарення, зменшення втрат маси та формування продукту високої якості.

Таблиця 2

**Показники якості готових виробів**

Група показників	Показник	Кондуктивне жарення (140 °С, 7 кПа)	Контроль (сковорода)
Органолептичні	Середній бал дегустаційної оцінки	4,9	4,1
Фізико-хімічні	Вологість, %	62	58
	pH	5,8	5,8
	Зусилля зрізу, Н	22	26
	Масова частка жиру, %	18,5	17,8
Мікробіологічні	МАФАНМ, КУО/г	$<1 \times 10^2$	$3 \times 10^2$
	БГКП	не виявлено	не виявлено
	<i>Staphylococcus aureus</i>	не виявлено	не виявлено
	Дріжджі	не виявлено	не виявлено
	Плісняві гриби	не виявлено	не виявлено

Раціональним режимом кондуктивного жарення посічених м'ясних виробів є температура поверхонь нагріву 140 °С і притискний тиск 7 кПа. Оцінювання енергетичної ефективності процесу за запропонованими раціональними параметрами потребує окремого детального розгляду. Водночас встановлено, що питома витрата електроенергії, визначена за показниками енергомонітора та маси готового продукту, становила 0,182 кВт·год/кг.

**Висновки.** У результаті експериментальних досліджень процесу кондуктивного жарення посічених м'ясних виробів встановлено закономірності впливу температури поверхонь нагріву та притискного тиску на тривалість теплової обробки і вихід готового продукту. Показано, що підвищення температури поверхонь жарення від 120 до 140 °С скорочує тривалість процесу приблизно на 35 %, а збільшення притискного тиску від 3 до 7 кПа – приблизно на 20 %. Максимальний вихід готового продукту досягає 0,91. Встановлено, що раціональним режимом процесу є температура поверхонь нагріву 140 °С та притискний тиск 7 кПа, за яких забезпечуються мінімальна тривалість процесу, високі показники якості виробів, а також питомі витрати електроенергії на рівні 0,182 кВт·год/кг. Отримані результати доцільно використовувати при розробленні технологій кондуктивного жарення м'ясних продуктів. Подальші дослідження доцільно спрямувати на детальне оцінювання енергетичних та ексергетичних показників процесу.

#### Список джерел інформації / References

1. Houšová J., Topinka P. Heat transfer during contact cooking of minced meat patties. *Journal of Food Engineering*. 1985. Vol. 4, No. 3. P. 169–188. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(85\)90002-0](https://doi.org/10.1016/0260-8774(85)90002-0).
2. Ikediala J. N., Correia L. R., Fenton G. A., Ben-Abdallah N. Finite element modeling of heat transfer in meat patties during single-sided pan-frying. *Journal of Food Science*. 1996. Vol. 61, No. 4. P. 796–802. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb12205.x>.
3. Zorrilla S. E., Singh R. P. Heat transfer in double-sided cooking of meat patties. *Journal of Food Engineering*. 2003. Vol. 57, No. 1. P. 57–65. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00273-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00273-X).
4. Zorrilla S. E., Banga J. R., Singh R. P. Dynamic optimization of double-sided cooking of frozen hamburger patties. *Journal of Food Engineering*. 2003. Vol. 58, No. 2. P. 173–182. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00342-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00342-4).
5. Kovácsné Oroszvári B., Bayod E., Sjöholm I., Tornberg E. The mechanisms controlling heat and mass transfer on frying of beefburgers. Part 2: The

influence of the pan temperature and patty diameter. *Journal of Food Engineering*. 2005. Vol. 71. P. 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.013>.

6. Wichchukit S., Zorrilla S. E., Singh R. P. Contact heat transfer coefficient during double-sided cooking of hamburger patties. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2001. Vol. 25. P. 207–221. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2001.tb00455.x>.

7. Cernela J., Heyd B., Trystram G. Experimental study of heat and mass transfer phenomena during the contact heating of solid food models. *Journal of Food Engineering*. 2015. Vol. 146. P. 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.007>

8. Sakin M., Kaymak-Ertekin F., Ilicali C. Convection and radiation combined surface heat transfer coefficient in baking ovens. *Journal of Food Engineering*. 2009. Vol. 94. No. 3–4. P. 344–349. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.03.027>

9. Sheridan P. S., Shilton N. C. Analysis of yield while cooking beefburger patties using far-infrared radiation. *Journal of Food Engineering*. 2002. Vol. 52. No. 3. P. 3–11. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00029-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00029-2).

10. Nadeem H. R. et al. Heterocyclic aromatic amines in meat: formation, isolation, risk assessment and inhibitory effect of plant extracts. *Foods*. 2021. Vol. 10. No. 7. Article 1466. <https://doi.org/10.3390/foods10071466>.

11. Wang H. et al. Unveiling heterocyclic aromatic amines in thermally processed meat products. *Food Chem X*. 2023 Aug 9;19:100833. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100833>.

12. Rani L. et al. A review on the frying process: methods, models and their mechanism and application in the food industry. *Food Research International*. 2023. Vol. 169. Article 113176. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113176>.

13. Zisopoulos F. K. et al. The use of exergetic indicators in the food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. Vol. 57. No. 9. P. 1975–1987. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.975335>.

14. Apaiah R. K., Linnemann A. R., van der Kooij H. J. Exergy analysis: A tool to study the sustainability of food supply chains. *Food Research International*. 2006. Vol. 39. No. 1. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.04.006>.

15. Box G. E. P., Wilson K. B. On the experimental attainment of optimum conditions. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B*. 1951. Vol. 13. No. 1. P. 1–45. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1951.tb00067.x>.

16. Montgomery D. C. *Design and Analysis of Experiments*. 10th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2019. 736 p.

17. Derringer G., Suich R. Simultaneous optimization of several response variables. *Journal of Quality Technology*. 1980. Vol. 12. No. 4. P. 214–219. <https://doi.org/10.1080/00224065.1980.11980968>.

18. Skrypnyk V. O. et al. Pidvyshchennia enerhetychnoi i resursnoi efektyvnosti protsesiv i aparativ konduktivnoho zharennia miasa : monohrafiia [Increasing the energy and resource efficiency of processes and equipment for conductive frying of meat : monograph]. Poltava : PP «Astraiia», 2024. 274 p. URL: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/13830> (accessed: 04.03.2026).

19. Skrypnyk V., Yeleussinov B., Semenov A. *Conductive Frying of Meat: Current State and Prospects : Monograph*. Kyzylorda, 2025. 374 p. URL:

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2026. Вип. 1 (39). ISSN: 2312-3990 (Print) 2519-2922 (Online)

<https://dspace.pdau.edu.ua/entities/publication/07af8d34-99b6-40fe-b77e-90e55681bbfb> (дата звернення: 04.03.2026).

20. Skrynyuk V. O., Ponomarenko B. H. Rezultaty vyznachennia kinetyky volohovmistu i temperatury v miasii za konduktivnoho sushinnia iz stysnenniam [Results of determining the kinetics of moisture content and temperature in meat during conductive drying with compression]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*. 2024. No. 45. P. 85–94. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-4.12>.

21. DSTU 4437:2005. Napivfabrykaty miasni ta miasoroslynni posicheni. Tekhnichni umovy [Minced meat and meat-vegetable semi-finished products. Specifications]. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. 23 p. [in Ukrainian].

22. Safe minimum internal temperature chart for cooking. FoodSafety.gov. 2024. URL: <https://www.foodsafety.gov/food-safety-charts/safe-minimum-internal-temperatures> (дата звернення: 04.03.2026).

23. Safe internal cooking temperatures. Health Canada. 2024. URL: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/general-food-safety-tips/safe-internal-cooking-temperatures.html> (дата звернення: 04.03.2026).

24. DSTU 4823.2:2007. Miaso ta miasni produkty. Metody orhanoleptychnoho otsiniuvannia [Meat and meat products. Methods of sensory evaluation]. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2007. 18 p. [in Ukrainian].

25. ISO 6658:2017. Sensory analysis – Methodology – General guidance. Geneva : International Organization for Standardization, 2017. URL: <https://www.iso.org/standard/65519.html> (дата звернення: 04.03.2026).

26. ISO 5492:2008. Sensory analysis – Vocabulary. Geneva : International Organization for Standardization, 2008. URL: <https://www.iso.org/standard/38051.html> (дата звернення: 04.03.2026).

27. DSTU ISO 1442:2005. Miaso ta miasni produkty. Vyznachennia volohosti (metod vysushuvannia) [Meat and meat products. Determination of moisture content (drying method)]. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. 12 p.

28. DSTU ISO 2917:2001. Miaso ta miasni produkty. Vyznachennia pH (metod potentsiometrychnyi) [Meat and meat products. Determination of pH (potentiometric method)]. Kyiv : Derzhstandart Ukrainy, 2001. 14 p.

29. ISO 1444:1996. Meat and meat products – Determination of free fat content. Geneva : International Organization for Standardization, 1996. URL: <https://www.iso.org/standard/5735.html> (дата звернення: 04.03.2026).

30. DSTU 8446:2015. Miaso ta miasni produkty. Metody mikrobiolohichnoho analizu [Meat and meat products. Methods of microbiological analysis]. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 2015. 25 p.

31. Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. Official Journal of the European Union. 22.12.2005. L338. P. 1–26. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32005R2073> (дата звернення: 04.03.2026).

32. Code of Hygienic Practice for Meat. CAC/RCP 58-2005. Rome : FAO/WHO Codex Alimentarius Commission, 2005. URL: [https://www.fao.org/input/download/standards/10196/CXP\\_058e.pdf](https://www.fao.org/input/download/standards/10196/CXP_058e.pdf)

Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2026. Вип. 1 (39). ISSN: 2312-3990 (Print) 2519-2922 (Online)

33. Pro zatverdzhennia Mikrobiolohichnykh kryteriiv dlia vstanovlennia pokaznykiv bezpechnosti kharchovykh produktiv : nakaz MOZ Ukrainy vid 19.07.2012 № 548 [On approval of Microbiological criteria for establishing safety indicators of food products : Order of the Ministry of Health of Ukraine dated July 19, 2012 No. 548]. Baza danykh «Zakonodavstvo Ukrainy» / Verkhovna Rada Ukrainy. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1321-12>

**Скрипник Вячеслав Александрович**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри харчових технологій, Полтавський державний аграрний університет, viacheslav.skrypnyk@pdau.edu.ua, ORCID: 0000-0001-8883-7398

**Skrypnyk Viacheslav**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Food Technologies, Poltava State Agrarian University, viacheslav.skrypnyk@pdau.edu.ua, ORCID: 0000-0001-8883-7398.

**Семенов Анатолий Олександрович**, канд фіз.-мат. наук, доцент, професор кафедри механічної та електричної інженерії, Полтавський державний аграрний університет, anatolii.semenov@pdau.edu.ua, ORCID: 0000-0003-3184-6925

**Semenov Anatolii**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Mechanical and Electrical Engineering, Poltava State Agrarian University, anatolii.semenov@pdau.edu.ua, ORCID: 0000-0003-3184-6925

**Калашник Олена Володимирівна**, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри харчових технологій, Полтавський державний аграрний університет, olena.kalashnyk@pdau.edu.ua, ORCID: 0000-0001-9281-2564

**Kalashnyk Olena**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technologies, Poltava State Agrarian University, olena.kalashnyk@pdau.edu.ua, ORCID: 0000-0001-9281-2564

**Бобошко Олексій Олександрович**, аспірант кафедри механічної та електричної інженерії, Полтавський державний аграрний університет, oleksii.boboshko@pdau.edu.ua, ORCID: 0009-0007-5562-3108

**Boboshko Oleksii**, Postgraduate Student, Department of Mechanical and Electrical Engineering, Poltava State Agrarian University, oleksii.boboshko@pdau.edu.ua, ORCID: 0009-0007-5562-3108

Отримано: 07.04.2026. Прийнято: 23.04.2026. Опубліковано: 18.05.2026.