

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ ЯК ВИЗНАЧАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО НАГРІВАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

**В.М. Михайлов, А.О. Шевченко, С.В. Прасол,
Б.В. Михайлов, О.І. Бабанова**

У статті наведено результати досліджень властивостей електричного струму як визначальних показників ефективності процесу електроконтактного нагрівання харчової продукції. Застосування низькочастотного струму забезпечує суттєві технологічні переваги: підвищується здатність продукту утримувати вологу, покращується його електропровідність та інтенсифікується виділення теплоти. Це обґрунтовує перспективність використання такого підходу для вдосконалення існуючих технологій харчових виробництв і підвищення енергоефективності процесів.

Ключові слова: електроконтактне нагрівання, харчова продукція, електричний струм, низькочастотний струм, енергоефективність, теплова обробка, електропровідність, утримання вологи, вихід продукції.

RESEARCH OF ELECTRIC CURRENT PROPERTIES AS DETERMINING INDICATORS OF FOOD ELECTRO-CONTACT HEATING EFFICIENCY

V. Mykhaylov, A. Shevchenko, S. Prasol, B. Mykhailov, O. Babanova

The article is devoted to the study of the properties of electric current as key indicators of the efficiency of the electro-contact heating process of food products, which necessitates the implementation of advanced thermal processing methods to ensure high productivity along with high quality and safety. The aim of the work is to establish relationships between controlled parameters of electric current and a set of output indicators, including process efficiency, heating uniformity, and product quality parameters. The study was carried out using a laboratory setup with model samples prepared from minced beef and pork, comparing heating by low-frequency current and direct current at a specified voltage. The methodology is based on the analysis of temperature and current variations, while a one-way analysis of variance was applied in the Mathcad software for statistically grounded data interpretation. The results showed that low-frequency current provides a significantly higher rate of thermal processing compared to direct current, while the average specific electrical conductivity of the mince was found to be higher than that obtained using direct

current. The use of low-frequency current ensures a higher final product mass relative to the initial mass, whereas processing with direct current results in a significantly lower value. The periodic change in current direction induces oscillatory motion of ions, which contributes to the stability and uniformity of heating by preventing polarization, enhances the product's moisture retention capacity, and intensifies heat generation without compromising the quality of the final product. The obtained results form a scientific and experimental basis for the development of fundamentally new combined thermal processing methods, increasing process energy efficiency, and improving the consumer properties of finished products. Further research in this area should focus on studying the influence of different frequency ranges, including industrial power supply frequency, to achieve even higher efficiency and to scale the technology for industrial implementation.

Keywords: *electro-contact heating, food products, electric current, low-frequency current, energy efficiency, thermal processing, electrical conductivity, water holding capacity, product yield.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Розвиток сучасних харчових виробництв потребує впровадження передових методів теплової обробки, здатних гарантувати високу продуктивність разом із високою якістю та безпекою продукції. Серед перспективних напрямів особливе місце посідають електрофізичні технології, зокрема метод електроконтактного нагрівання (ЕКН). Сутність процесу полягає у безпосередньому перетворенні електричної енергії на теплоту всередині оброблюваного продукту шляхом пропускання через нього електричного струму. Такий прямий підвід енергії, реалізований завдяки наявності в біологічній тканині вільних іонів, забезпечує рівномірність нагрівання, миттєвий старт процесу, відсутність теплової інерції та значне зниження втрат енергії в навколишнє середовище.

Однак для переходу від теорії фізичного принципу до стабільного та ефективного технологічного процесу в промислових масштабах потрібна цілісна наукова база, яка б чітко визначала кількісний зв'язок між властивостями електричного струму та кінцевими технологічними і якісними результатами обробки конкретної харчової продукції. Це зумовлено наступним. По-перше, залишається нез'ясованим, як напруга, сила струму частота та форма змінного струму впливають на розподіл теплоти в структурно-неоднорідному харчовому продукті. Складність полягає в тому, що електропровідність продукту динамічно змінюється під час нагріву, залежно від його вологості, солоності та температури. По-друге, заявлена енергоефективність процесу потребує конкретного визначення та кількісного обґрунтування для різної харчової сировини. Потрібно встановити, які комбінації електричних параметрів забезпечують мінімальні витрати енергії для досягнення заданого теплового ефекту

без поступок у безпеці та якості.

Таким чином, для практичної реалізації потенціалу ЕКН необхідно виконати комплексне дослідження, що має встановити залежності між контрольованими параметрами електричного струму та комплексом вихідних показників, що включають ефективність процесу, рівномірність нагріву та параметри якості продукції. Вирішення цієї проблеми створить основу для розробки ефективних і технологічно безпечних систем нового покоління для обробки продукції в харчовій промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відмінність ЕКН від традиційних способів теплової обробки полягає в тому, що електрична енергія перетворюється на теплову безпосередньо в масі продукту. Це усуває потребу у проміжному теплоносії та забезпечує рівномірне та швидке нагрівання [1]. Такі властивості є ключовими для подолання основних недоліків багатьох технологій, наприклад таких, як описані в роботі [13]. Отже, ЕКН відкриває значні перспективи для виробників харчової продукції, зокрема для інтенсифікації процесів, подібних до жаріння м'яса в умовах електроосмосу [1]. Теоретичне обґрунтування таких процесів ґрунтується на дослідженні можливостей підвищення їх ефективності [2].

Ефективність та технологічні переваги ЕКН, такі як простота конструкції обладнання та висока швидкість процесу, роблять його перспективним способом обробки. Аналіз сучасних досягнень свідчить, що вдосконалені теплові методи, включаючи омичний нагрів, суттєво скорочують час обробки та енергоспоживання, одночасно впливаючи на підвищення безпеки харчової продукції [3]. Важливим аспектом є також безпека матеріалів, які контактують з продуктами під час обробки [4].

Метод ЕКН ґрунтується на принципах електронно-іонних технологій, що вивчають явища руху електричних зарядів. Більшість харчової сировини здатна проводити струм, що дозволяє електричній енергії безпосередньо впливати на продукт. Отже, ЕКН в процесі обробки є самостійним процесом без проміжних перетворень .

Світовий досвід доводить перспективність ЕКН для забезпечення мікробіологічної безпеки, зокрема для знищення бактеріальних спор та створення асептичних умов [5-7]. Дослідження також показують його енергетичну ефективність при переробці м'ясних продуктів [8].

На практиці технологія ЕКН демонструє свою ефективність у різноманітних галузях харчових виробництв. Дослідження показують її успішне застосування для розробки асортименту м'ясних кулінарних виробів з використанням рослинної сировини [9, 14] та для оптимізації технологічних прийомів жаріння м'ясних страв на підприємствах

харчування [11, 15]. Крім того, метод довів ефективність й для обробки рослинної сировини, зокрема при розробці технології виробництва консервованої квасолі з попереднім замочуванням за умов ЕКН [10].

Таким чином, наявний масив наукових робіт свідчить про активний розвиток досліджень у галузі ЕКН. Основними напрямками є вивчення його впливу на мікробіологічну безпеку та фізико-хімічні властивості продуктів, визначення технологічних параметрів [12], а також оцінка енергоефективності. Це створює науковий фундамент для подальших досліджень, зокрема щодо визначення взаємозв'язку між параметрами електричного струму та ефективністю самого процесу.

Метою статті є дослідження властивостей електричного струму як визначальних показників ефективності процесу електроконтактного нагрівання харчової продукції.

Матеріали та методи. Дослідження здійснювали на лабораторній установці, опис якої наведено в [16]. До складу установки входять: випрямляч струму, комутаційний пристрій, низькочастотний генератор, лабораторний автотрансформатор, ватметр, амперметр, вольтметр, комутаційна апаратура, термоізольована робоча камера та термометр. Установка забезпечує можливість реалізації ЕКН струмом різного типу, форми та частоти за кількома схемами. Так, перша схема передбачає нагрівання постійним струмом, друга – змінним струмом з частотою, яка може регулюватись.

В основу методики досліджень покладено пропускання крізь зразок, розміщений між електродами всередині робочої камери, електричного струму із наперед заданими параметрами типом, формою, частотою, напругою та силою струму, що забезпечує нагрівання. Температуру в центральній точці зразка та досягнення кулінарної готовності фіксували за допомогою ртутного термометра.

Для вивчення впливу параметрів електричного струму на кінетику нагрівання застосовували два режими: постійний струм (перша схема) та змінний струм заданої частоти (друга схема). Протягом усього циклу обробки з інтервалом 60 секунд реєстрували показники сили струму за амперметром і температуру зразка за термометром. Час фіксували секундоміром. Похибка вимірювань не перевищувала 5 %. Нагрівання завершували в момент, коли температура в центрі зразка досягала 90 °С.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення поставленої мети було проведено дослідження, сутність яких полягала в аналізі та порівнянні того, як змінюється температура та сила струму під час нагрівання двох різних зразків. Зразок 1 нагрівали струмом

низької частоти 0,5 Гц, а зразок 2 – постійним струмом. Як об'єкти дослідження використовувалися моделі зразків, приготовлені з подрібненого м'яса яловичини та свинини (рис. 1).

Дослідження показали, що зразок 1 нагрівається краще. Швидкість його теплової обробки в 1,5 раза вище порівняно зі зразком 2. Цей результат пояснюється більшими значеннями сили струму, які реєструвалися протягом усього часу експерименту. Ймовірною причиною є більша електропровідність матеріалу зразка 1, що тісно пов'язано з рівнем його вологості. Згідно з отриманими даними, сила струму в зразка 1 досягає піку приблизно 2,5 А між 6-ю та 8-ю хвилинами процесу. У цей момент температура матеріалу знаходиться в діапазоні 55–65 °С. Для порівняння, у зразка 2 сила струму не піднімалася вище позначки 1,8 А. Надалі спостерігається спад сили струму в обох випадках, що обумовлено природними денатураційними процесами в білках м'яса, які змінюють його структурні та електричні властивості.

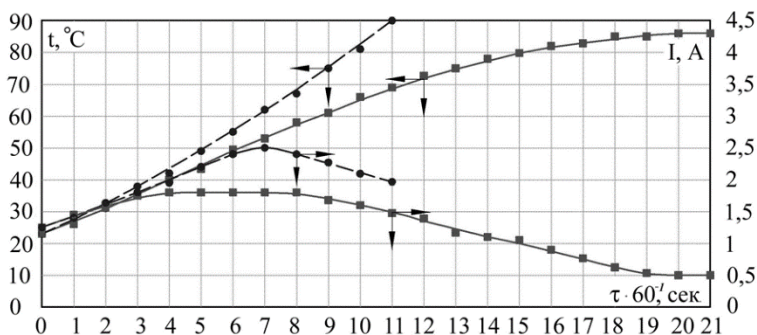


Рис. 1. Графіки зміни температури та сили струму під час електроконтактного нагріву зразків подрібненого м'яса за напруги 20 В: —●— зразок 1; —■— зразок 2

На основі експериментальних даних проведено розрахунок питомої електропровідності м'ясного фаршу. Для цього було використано показники зміни сили струму, зареєстровані протягом 660 секунд (11 хв) теплової обробки для кожного з двох досліджуваних методів нагріву. Отримані значення представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Значення сили струму при ЕК-обробці напругою 20 В

Вид нагріву	Час · 60 ⁻¹ , сек.											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
низько-частотний	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	2,1	2,0
постійним струмом	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5

Середнє значення електричного опору зразків розраховувалось за формулою:

$$R_{\text{сеп}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{U}{I_i}, \quad (1)$$

де U – напруга, В; I – сила струму, А; i – номер досліду; n – кількість дослідів.

Наступним було обчислення середнього питомого опору зразків. Цей розрахунок враховував геометрію зразка, а саме площу поперечного перерізу S , виражену в м², а також товщину шару матеріалу l – у м.

$$r_{\text{сеп}} = \frac{R_{\text{сеп}} \cdot S}{l}. \quad (2)$$

Після цього визначали середню питому електропровідність, для чого використали наступну формулу.

$$x_{\text{сеп}} = \frac{1}{r_{\text{сеп}}}. \quad (3)$$

За результатами розрахунків середня питома електропровідність фаршу склала $382,8 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ за низькочастотного нагрівання та $315,9 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ за використання постійного струму. Таким чином, застосування низькочастотного струму забезпечує електропровідність, яка в 1,2 рази вища порівняно з методом при постійному струмі. Однією з ймовірних причин такого ефекту є менша втрата вологи зразком під час низькочастотного нагріву, що підтримує кращу провідність матеріалу протягом усього процесу.

Утримання вологи, що спостерігалось в дослідженні, можна пояснити впливом періодичної зміни напрямку електричного струму. Ця зміна забезпечує коливальний рух іонів в продукті: після кожного періоду перемикання потік іонів змінює напрямок на протилежний, що сприяє стабільності та рівномірності нагріву за рахунок запобігання поляризації. Це опосередковано впливає на зменшення випаровування

вологи через забезпечення об'ємного нагріву та підвищення стабільності електропровідності матеріалу.

Далі у ході досліджень оцінювали вплив електричного струму на вихід продукції. Після оброблення визначали залишкову масу зразків у відсотках, результати подано в табл. 2. Для статистично обґрунтованої інтерпретації даних застосовано однофакторний дисперсійний аналіз, реалізований у середовищі Mathcad. Нижче наведено виконані розрахунки.

Таблиця 2

Вид нагріву	№ дослідю				
	1	2	3	4	5
Низькочастотний	85,8	85,2	85,8	83,7	85,1
Постійним струмом	73,8	79,0	73,8	77,5	76,0

У межах дослідження під фактором будемо розуміти спосіб оброблення, а кожен окремий варіант технології розглядатимемо як рівень цього фактора $T_i (i = 1, 2, \dots, m)$. Загальна кількість досліджуваних способів позначається як показник m . Значення маси, зафіксоване в i -му досліді для j -го способу, позначимо відповідним символом x_{ij} . Кількість повторень для кожного зі способів визначається відповідною кількістю спостережень $T_i (j = 1, 2, \dots, n_i, n_i - \text{кількість дослідів при використанні способу } T_i)$.

Побудуємо математичну модель, у рамках якої кожен випадкову величину x_{ij} подамо як суму двох складових: детермінованої компоненти $x_{ij} = a_i + \varepsilon_{ij}$, що відображає вплив j -го способу обробки, та випадкової похибки. Тут a_i – маси, характерні для способу T_i , а ε_{ij} – незалежні випадкові величини, що описують сумарний вклад усіх випадкових факторів, які впливають на підсумкову масу. Похибка є сукупністю незалежних випадкових чинників, які впливають на кінцеве значення маси. Усі випадкові складові підпорядковуються нормальному закону розподілу з нульовим середнім і однаковою дисперсією. Припустимо, що усі $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma)$, тобто мають нормальне розподілення з нульовим математичним очікуванням та з однаковою дисперсією σ^2 .

Основне завдання дослідження полягає в з'ясуванні, чи

позначається вибір методу електроконтактного нагріву на підсумковій масі зразка. Відповідно до цього сформульовано нульову статистичну гіпотезу H_0 , згідно з якою середні значення маси для всіх способів T_i обробки є рівними між собою $a_1 = a_2 = \dots a_n$.

Для кожного способу розрахуємо середні значення \bar{x}_i :

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (4)$$

отримаємо $\bar{x}_1 = 85,1$ %, $\bar{x}_2 = 83,4$ %, $\bar{x}_3 = 76,0$ %, а за величина оцінки для σ^2 , тобто сума квадратів s_i^2 :

$$s_i^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2. \quad (5)$$

Дисперсія:

$$\sigma = \sqrt{\frac{s_i^2}{N - p}}, \quad (6)$$

де N – загальна кількість дослідів, $N = 25$; p – кількість рівнів факторів, $p = 3$. Отримаємо $\sigma = 1,7$.

Із використанням стандартної функції *dnorm* у Mathcad було побудовано криві розподілу ймовірностей для кінцевої маси (%) зразків після застосування двох різних режимів ЕКН. Отримані графічні залежності, наведені на рис. 2, демонструють відмінності в значеннях маси залежно від обраного способу оброблення.

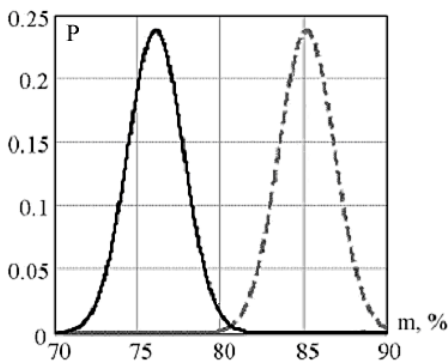


Рис. 2. Графіки щільності ймовірностей кінцевої маси зразків після електроконтактного нагріву: ——— – постійним струмом; - - - - - – змінним струмом 0,5 Гц

Для перевірки достовірності виявлених відмінностей застосовано підхід, що ґрунтується на порівнянні двох незалежних оцінок дисперсії σ^2 . Перша з них s_1^2 не залежить від істинності висунутої гіпотези H_0 , тоді як друга s_2^2 зберігає близькість до першої лише за умови її справедливості. У разі незначної розбіжності між оцінками гіпотезу H_0 приймають; суттєве розходження свідчить на користь її відхилення.

Для визначення другої оцінки з початку знайдемо величину загальної середньої маси \bar{x} :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}. \quad (7)$$

Сума квадратів s_2^2 :

$$s_2^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (8)$$

Показник s_1^2 відображає варіативність, спричинену випадковими чинниками, тоді як інший показник s_2^2 характеризує відхилення групових середніх від загального середнього, а отже, залежить від розбіжностей між параметрами a_i . У разі справедливості гіпотези H_0 зазначені величини є статистично незалежними, а їх співвідношення $\frac{s_2^2}{\sigma^2}$ підпорядковується розподілу X^2 з числом ступенів $n-1$.

Для прийняття рішення щодо справедливості гіпотези зіставимо обидві дисперсійні оцінки. У випадку, коли гіпотеза підтверджується, обчислене за відповідною формулою значення критерію Фішера F дає змогу кількісно оцінити ступінь їх узгодженості:

$$F = \frac{s_2^2(n-m)}{s_1^2(n-1)}. \quad (9)$$

Статистика критерію підпорядковується розподілу Фішера, параметри якого визначаються кількістю ступенів свободи для чисельника та для знаменника відповідно.

Нехай прийнятний рівень значущості $\alpha = 0,05$, тоді складемо відповідне рівняння для подальшого статистичного оцінювання:

$$F_{n-1, n-m}(x) = 1 - \alpha. \quad (10)$$

Порівняємо величину з цього рівняння x_α з розрахованим вище критерієм Фішера F . Так як отримане значення $F = 5,9$, а значення

$x_\alpha = 3,885$, тобто $F > x_\alpha$, гіпотеза H_0 відкидається. Звідси висновок про те, що вибір способу електроконтактної теплової обробки, що відрізняється параметрами струму, впливає на кінцеву масу зразка.

Для визначення частки варіативності результативної ознаки, зумовленої впливом досліджуваного фактора, застосуємо показник детермінації r^2 :

$$r^2 = \frac{s_2^2}{s^2}, \quad (11)$$

де s^2 – оцінка повної вибіркової дисперсії:

$$s^2 = s_1^2 + s_2^2. \quad (12)$$

У межах проведеного аналізу встановлено, що $r^2 = 0,874$, тобто 87,4 % загальної варіації кінцевої маси зразка пояснюється саме вибором режиму електроконтактного оброблення. Таким чином, частка впливу досліджуваного фактора є високою.

Результати експерименту встановили, що застосування струму низької частот 0,5 Гц забезпечує кінцеву масу продукту на рівні $(85,1 \pm 1,7)$ % від вихідної, тоді як оброблення постійним струмом дає змогу досягти показника $(76,0 \pm 1,7)$ %.

Таким чином, із припущенням про подібність впливу частот, близьких за значенням, можна стверджувати, що застосування низькочастотного струму понад 0,5 Гц є ефективнішим порівняно з нагріванням постійним струмом. Це обґрунтовує перспективність використання такого підходу у виробничих процесах. Водночас подальшого вивчення потребує діапазон частот від 0,5 до 50 Гц, тобто включно з промисловою частотою електромережі, що може забезпечити ще вищу результативність.

Висновки. Застосування низькочастотного електричного струму в процесах електроконтактного нагрівання харчових продуктів, зокрема січених кулінарних виробів, демонструє суттєві технологічні переваги. Періодична зміна напрямку струму позитивно впливає на низку показників оброблюваного матеріалу. Зокрема, підвищується здатність продукту утримувати вологу, покращується його електропровідність, а також інтенсифікується виділення теплоти, що скорочує тривалість нагрівання без втрати якості готового продукту.

Отримані результати мають не лише теоретичне, а й прикладне значення. Вони формують науково-експериментальне підґрунтя для розроблення принципів нових комбінованих способів теплової обробки, що поєднує переваги ЕКН з гнучким регулюванням параметрів.

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

Такий підхід відкриває перспективи для вдосконалення існуючих технологій харчових виробництв, підвищення енергоефективності процесів та покращення споживчих властивостей готової продукції.

Подальші дослідження в цьому напрямі доцільно зосередити на вивченні впливу різних діапазонів низьких частот та промислової частоти, оптимізації режимів обробки під конкретні види сировини, а також масштабуванні технології для промислового впровадження.

Список джерел інформації / References

1. Cherevko A.I., Skrypyuk V.A., Molchanova N.Yu. Using physical and electrical methods in conductive meat frying. Technologies of food, light and chemical industry. 2015. Vol. 2 No. 4 (22) P. 75-79. URL:

<https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.40700>

2. Viacheslav Skrypyuk. The theoretical substantiation of intensification process possibilities of conductive frying meat natural products. Ukrainian Journal of Food Science. 2015. Vol. 3(2). P. 361-367. URL:

<https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/5d9e06d2-e789-4743-b6a6-9061d7d2dea2/content#page=171>

3. Binod Pokharel, Reddi Sai Satya Keerthi, Ziyad H H Abunamous. Advancements in Food Processing Technologies: Enhancing Safety, Quality, and Sustainability. International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM). 2023. Vol. 07. Issue: 06. 6 p. URL:

https://www.researchgate.net/publication/372769537_Advancements_in_Food_Processing_Technologies_Enhancing_Safety_Quality_and_Sustainability

4. Winfried Leeman, Lisette Krul. Non-intentionally added substances in food contact materials: how to ensure consumer safety. Current Opinion in Food Science. 2015. Vol. 6. P. 33-37 URL :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214799315001320?via%3Dihub>

5. Effects of ohmic heating on microbial counts and denaturation of proteins in milk / H. Sun [Х. Сан], S. Kawamura [С. Кавамура], J.-I. Himoto [Джей.-І. Хімото], K. Itoh [К. Іто], T. Wada [Т. Вада], T. Kimura [Т. Кімура] // Food Science and Technology Research, 2008. V. 14 (2). P. 117–123.

6. Ohmic heating [Електронний ресурс] / R. Ruan [Р. Руан], X. Ye [Х. Йе], P. Chen [П. Чен], C. J. Doona [С. Джей. Дуна] : Vysoká škola Chemicko-Technologická v Praze. Режим доступу до ресурсу :

http://www.vscht.cz/ktk/www_324/studium/KP/pdf/odpor_ohrev.pdf.

7. Ohmic heating [Електронний ресурс] : FoodWrite. – Режим доступу до ресурсу : <http://foodwrite.co.uk/tag/ohmic-heating>.

8. Ohmic cooking of processed meats: energy evaluation and food safety considerations / D. de Halleux [Ди. де Хеллеукс], G. Piette [Ж. Питте], M.-L. Buteau [М.-Л. Бутей], M. Dostie [М. Достіе] // Canadian bio-systems engineering, 2005. V. 47. P. 3.41–3.47.

9. Розробка асортименту м'ясних кулінарних виробів на основі рослинної

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

сировини із застосуванням електроконтактного нагрівання / Михайлов В.М. та ін. // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. Харків : ХДУХТ, 2020. Вип. 1 (31). – С. 118-131. URL : <https://repo.btu.kharkiv.ua/items/0280ee75-94f1-4a73-ab65-a5a473dd8a13>

Rozrobka asortymentu miasnykh kulinarnykh vyrobiv na osnovi roslynnoi syrovyny iz zastosuvanniam elektrokontaktnoho nahrivannia / Mykhailov V.M. ta in. // Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli : zb. nauk. pr. Kharkiv : KhDUKhT, 2020. Vyp. 1 (31). S. 118-131. URL : <https://repo.btu.kharkiv.ua/items/0280ee75-94f1-4a73-ab65-a5a473dd8a13>

10. Devising a technique for manufacturing canned beans with soaking under the conditions of electrical contact heating / Шевченко А.О. та ін. // Eastern-European Journal of Enterprise Techno-logies. 2022. Vol. 6, No 11 (120). P. 16-23. URL : <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.270802>

11. Розробка технологічних прийомів жарення м'ясних кулінарних виробів за умов електроконтактного нагрівання для підприємств харчування сфери гостинності / І.Г. Бабанов та ін. // Сучасні тренди і перспективи в галузі переробки м'яса і молока : IV Міжнар. наук.-практ. конф., 21 вересня 2023 р. : програма та тези матеріалів. К.:НУХТ, 2023. С. 64-66. URL : <https://drive.google.com/file/d/1eTR4k6ZXwcl4x8PjTIG0qqYPzaQVrdCn/view>

Rozrobka tekhnolohichnykh pryimov zharennia miasnykh kulinarnykh vyrobiv za umov elektrokontaktnoho nahrivannia dlia pidpriemstv kharchuvannia sfery hostynnosti / I.H. Babanov ta in. // Suchasni trendy i perspektyvy v haluzi pere-robky miasa i moloka : IV Mizhnar. nauk.-prakt. konf., 21 veresnia 2023 r. : prohrama ta tezy materialiv. K.:NUKhT, 2023. S. 64-66. URL : <https://drive.google.com/file/d/1eTR4k6ZXwcl4x8PjTIG0qqYPzaQVrdCn/view>

12. Вплив параметрів електричного струму на процес електроконтактного нагріву / В.М. Михайлов та ін. // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. пр. Донецьк : ДонНУЕТ, 2007. Вип. 17, т.2. С. 141-148.

Vplyv parametrov elektrychnoho strumu na protses elektrokontaktnoho nahrivu / V.M. Mykhailov ta in. // Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv : temat. zb. nauk. pr. Donetsk : DonNUET, 2007. Vyp. 17, t.2. S. 141-148.

13. Виробництво та перспективи використання харчових порошків / О.А. Маяк та ін. // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. Харків : ДБТУ, 2024. Вип. 1 (35). С 179-187. URL : <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/58400>

Vyrobnytstvo ta perspektyvy vykorystannia kharchovykh poroshkiv / O.A. Maiak ta in. // Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli : zb. nauk. prats. Kharkiv : DBTU, 2024. Vyp. 1 (35). S 179-187. URL : <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/58400>

14. Інноваційні технології оздоровчих харчових продуктів на основі рослинної сировини та обладнання для їх реалізації : монографія в 3 ч. Ч. 3. Технології виробництва кулінарних м'ясних виробів з додаванням рослинної сировини та їх апаратурне оформлення / О.І. Черевко [та ін.]. Харків : Вид-во Іванченка І. С., 2021. 172 с.

Innovatsiini tekhnolohii ozdorovchykh kharchovykh produktiv na osnovi

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

roslynnoi syrovyny ta obladnannia dlia yikh realizatsii : monohrafiia v 3 ch. Ch. 3. Tekhnologii vyrobnytstva kulinarnykh miasnykh vyrobiv z dodavanniam roslynnoi syrovyny ta yikh aparaturne oformlennia / O.I. Cherevko [ta in.]. Kharkiv : Vyd-vo Ivanchenka I. S., 2021. 172 s.

15. Нові технічні рішення в проектуванні обладнання для теплової обробки харчової сировини : монографія в 3 ч. Ч. 2 Використання електроконтактного нагрівання в процесах жарення кулінарної продукції / O.I. Черево [та ін.]. Харків : ХДУХТ, 2012. 151 с.

Novi tekhnichni rishennia v proektuvanni obladnannia dlia teplovoi obrobky kharchovoi syrovyny : monohrafiia v 3 ch. Ch. 2 Vykorystannia elektrokontaktного nahirivannia v protsesakh zharennia kulinarnoi produktsii / O.I. Cherevo [ta in.]. Kharkiv : KhDUKht, 2012. 151 s.

16. Застосування електрофізичних методів обробки харчової рослинної сировини в сучасних технологіях, установках та пристроях / А.О. Шевченко та ін. // Вісник Уманського національного університету садівництва. Видавничий дім “Гельветика”. Вип. 1 (2024). С. 82-88. URL :

<https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-1-82-88>

Zastosuvannia elektrofizychnykh metodiv obrobky kharchovoi roslynnoi syrovyny v suchasnykh tekhnolohiiakh, ustanovkakh ta prystroiakh / A.O. Shevchenko ta in. // Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. Vydavnychiy dim “Helvetyka”. Vyp. 1 (2024). S. 82-88.

URL : <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-1-82-88>

Михайлов Валерій Михайлович, д-р техн. наук, проф., професор кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, vami2209@btu.kharkiv.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4335-1751>

Mykhaylov Valeriy, Doctor of Technical Science, Professor, Professor in the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Industries, State Biotechnological University, vami2209@btu.kharkiv.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4335-1751>

Шевченко Андрій Олександрович, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, andshew@btu.kharkiv.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0506-472X>

Shevchenko Andrey, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor in the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Industries, State Biotechnological University, andshew@btu.kharkiv.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0506-472X>

Прасол Світлана Володимирівна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Державний біотехнологічний університет, process229@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4285-7510>

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

Prasol Svitlana, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor in the Department of Equipment and Engineering of Processing and Food Industries, State Biotechnological University, process229@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4285-7510>

Михайлов Богдан Валерійович, викладач, Відокремлений структурний підрозділ «Харківський фаховий коледж харчової промисловості Державного біотехнологічного університету», mixailov.com@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2459-7297>

Mykhailov Bogdan, Lecturer, Separate Structural Subdivision "Kharkiv Vocational College of Food Industry" of State Biotechnological University, mixailov.com@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2459-7297>

Бабанова Олена Ігорівна, старший викладач кафедри машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій, petrikeyl@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6906-158X>

Babanova Olena, Senior Lecturer in the Department of Machines and Apparatus for Food and Pharmaceutical Industries, National University of Food Technologies, petrikeyl@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6906-158X>

Отримано: 03.04.2026. Прийнято: 23.04.2026. Опубліковано: 18.05.2026.

УДК 744:725.51:640.43

DOI <https://doi.org/10.31359/2312.3990.2026.39.1.217>

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ІНЖЕНЕРНОЇ ГРАФІКИ У ПРОЄКТУВАННІ ЗАКЛАДІВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

**Г.В. Дейниченко, Д.В. Дмитревський, І.В. Лебединець,
А.І. Сичов, А.М. Міленін**

У статті розглянуто особливості застосування методів інженерної графіки у процесі проектування закладів ресторанного господарства. Проаналізовано сучасні підходи до створення креслень і графічних моделей, визначено їх роль у підвищенні ефективності проектних рішень, оптимізації просторового планування та забезпеченні функціональності виробничих і обслуговуючих зон.

Ключові слова: інженерна графіка, проектування, ресторанне господарство, креслення, графічне моделювання, САД-системи, просторове планування, технологічні процеси, функціональні зони, оптимізація.