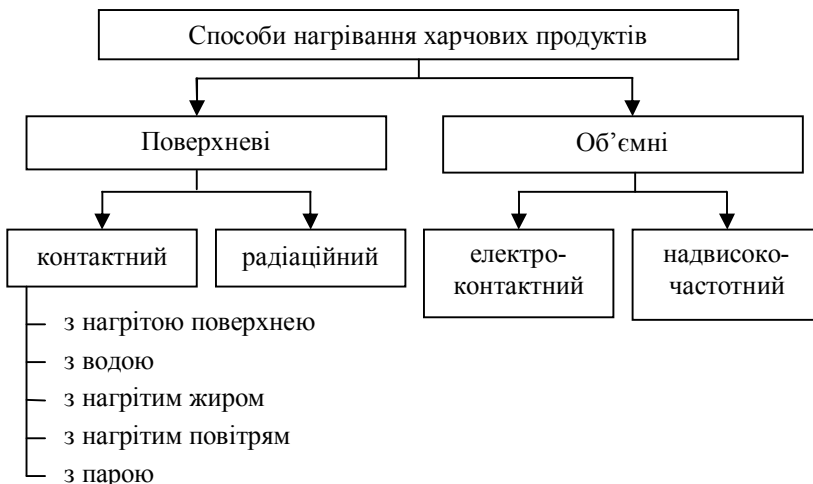


**В.М. Михайлов**, д-р техн. наук, проф. (ХДУХТ, Харків)  
**І.В. Бабкіна**, канд. техн. наук, доц. (ХДУХТ, Харків)  
**А.О. Шевченко**, канд. техн. наук, ст. викл. (ХДУХТ, Харків)  
**С.В. Михайлова**, асист. (ХДУХТ, Харків)

## ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ СТВОРЕННЯ КОМБІНОВАНИХ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБ'ЄМНИХ МЕТОДІВ НАГРІВАННЯ

Більшість видів готової кулінарної продукції перед випуском у реалізацію піддається різним способам теплової обробки. Термічні процеси, як правило, дуже тривалі та скоротити їх традиційними способами у теперішній час практично не можливо. Саме тому перспективним є удосконалення умов термообробки харчової сировини на базі використання комбінованих процесів, зокрема із застосуванням електрофізичних методів.

За класифікацією, запропонованою в [1], способи нагрівання харчових продуктів можна поділити на дві групи: поверхневі та об'ємні (рис.).



**Рисунок – Класифікація способів нагрівання**

Найбільш поширеним є поверхневе нагрівання продукту, яке здійснюється теплопровідністю та конвекцією за підведення теплоти до центру продукту через його зовнішню поверхню. При цьому нагрівання центральної частини продукту та доведення його до

кулінарної готовності відбуваються, в основному, за рахунок теплопровідності. Тривалість процесу теплової обробки за поверхневого нагрівання зумовлена низькою теплопровідністю більшості харчових продуктів.

За умов об'ємного нагрівання енергія електромагнітних коливань або електричного струму перетворюється у теплову енергію в самому продукті й майже вся маса його нагрівається практично одночасно. Об'ємний спосіб підведення теплоти до оброблюваного продукту реалізується в апаратах з надвисокочастотним (НВЧ) та електроконтактним (ЕК) нагріванням.

НВЧ-нагрівання харчових продуктів здійснюється за рахунок перетворення енергії перемінного електромагнітного поля надвисокої частоти в теплову енергію, що генерується за усім об'ємом продукту. Ефект розігрівання харчових продуктів в НВЧ-полі пов'язаний з їх діелектричними властивостями, які визначаються поведінкою в такому полі зв'язаних зарядів. Висока швидкість та високий коефіцієнт корисної дії нагрівання роблять його одним з самих ефективних способів доведення харчових продуктів до кулінарної готовності.

Електроконтактне нагрівання забезпечує швидке підвищення температури продукту за всім об'ємом до потрібної величини за 15...60 с за рахунок пропускання через нього електричного струму. Продукція, що піддається нагріванню, розміщується між електричними контактами. Зазори між поверхнею продукції та контактів можуть викликати «опік» поверхні.

За об'ємного нагрівання не виникає перепаду температури всередині продукту, відповідно, не відбувається термодифузія і тому не утворюється скоринка на поверхні виробів.

Комбіновані способи нагрівання харчових продуктів – це послідовне або паралельне нагрівання продукції кількома з відомих способів з метою скорочення часу теплової обробки, підвищення якості кінцевого продукту та ефективності технологічного процесу. Наприклад, найбільш застосована у сучасній техніці комбінована теплова обробка продуктів в НВЧ-полі та ІЧ-променями дозволяє реалізовувати переваги обох способів нагрівання та отримувати вироби з піджаристою хрусткою скоринкою. Серед деяких прикладів також можна виділити способи, що передбачають комбінування ІЧ-нагрівання і конвективного нагріву, ІЧ-нагрівання і поверхневого нагріву, ІЧ-нагрівання за регульованих параметрів складу газового середовища, НВЧ-нагрівання з паровим нагріванням, НВЧ-нагрівання з гарячим повітрям, парового нагріву з ІЧ-нагріванням та ін.

На кафедрі процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв ХДУХТ останні роки проводиться значна робота з розробки та впровадження різноманітних комбінованих процесів теплової обробки, розроблених на підставі як поверхневих так і об'ємних способів, зокрема ЕК-нагрівання з ІЧ-опроміненням [2], НВЧ-нагрівання з перемішуванням продукту за умов вакуумування [3]. Запропоновані комбіновані способи дозволяють отримувати високоякісні харчові продукти за умов енерго-ресурсозбереження.

За усіма вищевказаними способами нагрівання змінюються фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні властивості харчової сировини. Нагрівання супроводжується масоперенесенням, в результаті якого частина вологи з продукту дифундує в зовнішнє середовище.

При цьому закономірності вологоперенесення визначаються не тільки станом вологи і формами її зв'язку в харчовому продукті, що нагрівається, але й способом підведення теплової енергії.

Слід зазначити, що кожний із запропонованих способів розглянуто на прикладах термообробки конкретних видів харчової сировини, зокрема м'ясної, овочевої, борошняної та ін. В той же час напівфабрикати для виробництва харчової продукції – це, як правило, складні вологовмісні гетерогенні системи, в яких вода пов'язана з іншими компонентами силами різної величини і природи, що визначають закономірності кінетики вологоперенесення, а також принципи регулювання технологічних параметрів нагрівання за різних форм теплового впливу.

При цьому варто зазначити відсутність систематизованих даних про комплекс теплофізичних, діелектричних та інших властивостей складних харчових систем, як рецептурної основи харчової продукції, що стримує запровадження такого методу обробки й потребує проведення системних теоретичних та експериментальних досліджень.

Усе вищевикладене дає підставу для розробки класифікаційної системи застосування комбінованих процесів теплової обробки та режимів їх проведення, у тому числі з використанням електрофізичних методів на основі поверхневих та об'ємних способів, для певних харчових систем.

#### *Список джерел інформації*

1. Ковалев Я. И. Технология приготовления пищи / Я. И. Ковалев, М. Я. Куткина, В. А. Кравцова ; под ред. д.т.н., проф. М. А. Николаевой. – М. : Деловая литература, 2001. – 480 с.

2. Черевко О. І. 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 / О. І. Черевко [та ін.]. – Харків : ХДУХТ, 2012. – 151 с.

3. Potapov V. Methodological principles of energy efficiency upgrading of microwave treatment of food semi-products / V. Potapov, S. Mykhaylova, V. Arkhipova // The 4 International Vitruval Scientific Conference, 10-14 June 2013 : proceedings. – Slovak Republik, 2013. – P. 415-419.

**О.В. Петренко**, канд. техн. наук, доц. (*ХДУХТ, Харків*)

**Д.П. Семенюк**, канд. техн. наук, доц. (*ХДУХТ, Харків*)

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ВТОРИННИХ ТЕПЛОХОЛОДОНОСІЇВ**

Завдяки винятковим теплофізичним властивостям та показникам безпеки на сьогодні, вода є одним з кращих теплохолодоносіїв. Але застосовувати воду в системах охолодження, які працюють при негативних температурах, можна тільки в суміші з речовинами, що знижують температуру замерзання – антифризами. Їхні водяні розчини повинні в максимальному ступені зберігати теплофізичні характеристики води, тобто мати високу теплопровідність та теплоємність, низьку в'язкість, при цьому мати низьку корозійну активність і не чинити шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Сучасні вторинні холодоносії на водній основі можна віднести до однієї із трьох груп: розчини спиртів; розчини неорганічних солей; розчини органічних солей.

Перша група включає водяні розчини одноатомних спиртів (метанолу та етанолу) і гліколей (етиленгліколя та пропіленгліколя). Всі вони ефективно знижують температуру замерзання та сумісні з матеріалами, які найчастіше використовують у вторинних контурах систем охолодження. Однак токсичність метанолу та етиленгліколю повністю виключає можливість використання їх при виробництві харчових продуктів. Щодо етанолу то він має низьку температуру кипіння, що обумовлює його підвищену летючість і може привести до створення вибухонебезпечної концентрації пари. Це накладає певні обмеження на його застосування.

На підприємствах харчової промисловості активно використовуються водяні розчини пропіленгліколю, якому притаманна