

## ВИКОРИСТАННЯ НВЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ У ТЕХНОЛОГІЯХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

*У статті проаналізовано можливості застосування НВЧ-випромінювання в процесах переробки сільськогосподарської сировини та виробництва харчових продуктів. Визначено переваги використання НВЧ-технологій у цих галузях і напрямки подальшого розвитку.*

**Ключові слова:** *НВЧ-випромінювання, енергія, ефективність, економічність, якість, висушування, стерилізація, сублімація, нагрів, розморожування, антибактерицидна обробка, молоко, м'ясо, олія, овочі, фрукти, зерно, насіння.*

**Постановка проблеми і її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Харчові продукти і сировина для них є особливими об'єктами виробництва, які повинні бути нешкідливими для організму людини, збалансованими за харчовою та біологічною цінністю, доступними за співвідношенням «ціна – якість». Основні вимоги до сучасних технологій переробки сільськогосподарської сировини та виробництва харчових продуктів – це екологічна чистота, економічність, запобігання псуванню початкових і кінцевих матеріалів, збереження споживних речовин і звичних для споживача органолептичних властивостей: смаку, запаху, забарвлення, консистенції, зовнішнього вигляду.

Досягнення вищих показників якості кінцевих продуктів потребує розробки нетрадиційних технологій, зокрема застосування техніки НВЧ. Використання НВЧ-випромінювання в сільськогосподарських і харчових технологіях за останні десятиліття поширилося завдяки можливостям ефективного миттєвого нагріву, висушування, стерилізації, швидкого розігріву замороженої сировини і продуктів харчування, удосконалення виробництва харчових продуктів з високою вихідною харчовою цінністю.

**Метою статті** є аналіз можливостей використання НВЧ-випромінювання для удосконалення сучасних технологій переробки сільськогосподарської сировини та виробництва харчових продуктів.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Надвисокі електромагнітні хвилі проникають в об'єм матеріалу, що обробляється, і діють швидко та рівномірно. Сухі матеріали при цьому не підігріваються, а ті, що містять воду, можуть повністю залишитися без вологи. Після обробки НВЧ структура матеріалу не змінюється, корисні речовини не втрачаються. Ефективність перетворення енергії електромагнітного поля на тепло зростає прямо пропорційно частоті коливань і квадрату напруженості поля. Важлива перевага НВЧ нагріву – відсутність теплової інерційності, тобто можливість практично миттєвого включення і виключення теплового впливу на сировину, яка обробляється. Це дозволяє підтримувати високу точність регулювання процесу нагріву. ККД перетворення енергії НВЧ на тепло наближається до 100%. Теплові втрати в трак-

тах, що підводять енергію, зазвичай невеликі, і стінки хвилеводів і робочих камер залишаються практично холодними, що створює комфортні умови для обслуговуючого персоналу.

Застосування НВЧ-випромінювання пов'язане в першу чергу з економією часу, енергії, підвищенням вмісту корисних речовин, вітамінів, мінералів у кінцевих продуктах.

Одним із порівняно нових засобів консервації продуктів, які забезпечують максимальне збереження смакових властивостей і якостей свіжих продуктів, є сублимаційне сушіння. Під час такого сушіння зберігаються не тільки вітаміни, а й білки та ароматні речовини. У технологічному процесі сублимаційного сушіння продукти спочатку швидко заморожують, потім у вакуумній камері, де знижено тиск залишкових газів до 2,7-8 Па, інтенсивно випаровують воду за допомогою НВЧ-енергії. Щоб температура продукту не дуже знижувалася, ззовні додатково подають тепло. Поступово лід випаровується, а продукт набуває вигляду губки значно меншої маси. Волога, що випаровується, вбирається поверхнею спеціальних охолоджених конденсаційних пластин. Після герметизації поліетиленовими пакетами продукти, що пройшли сублимаційне сушіння, можна перевозити й зберігати без охолодження.

Надвисокочастотне нагрівання, порівняно з традиційним, дозволяє зменшити час сушіння в 10 разів, вартість процесу – в 2-5 разів і досягти високої якості висушеної продукції.

Застосування НВЧ-нагріву для приготування їжі в громадському харчуванні (ресторани, столові, вагони-ресторани) є широко відомим. У сучасній НВЧ-печі довести до готовності м'ясо можна за 1-5 хв. НВЧ-випромінювання діє всередині кожного шматка, що забезпечує відсутність непроварених чи непросмажених частин у готовій м'ясній продукції.

З іншого боку, завдяки короткій дії обробки не відбувається випаровування соків, тому смакові якості продукту зберігаються.

Відсутність скоринки на поверхні виробів є основним недоліком теплової обробки продуктів у полі НВЧ. Усунути цей недолік можна, комбінуючи НВЧ-нагрів з іншими способами теплової обробки. Однією з таких комбінацій є, наприклад, триступінчастий спосіб смаження картоплі: нарізану картоплю спочатку опромінюють протягом 90-180 с, потім напівготовий зневоднений продукт (за НВЧ-нагріву відділяється до 40% вологи) занурюється в жир, що нагрітий до 180°C. У гарячому жирі картопля набуває вигляду смаженого продукту. До повної готовності картопля доводиться в жаровій шафі за температури 250-275°C.

У сучасній харчовій промисловості зростає сегмент замороженої продукції. Її вживання потребує швидкого розморожування зі зберіганням корисних речовин. Якщо для розморожування шматка м'яса масою 1,3 кг за плюсової температури, що близька до нуля, потрібно 24 год., за кімнатної температури – 10-12 год., з використанням вентилятора – 5-6 год., у печі за 72°C – 3-4 год., то за допомогою НВЧ-нагріву – всього декілька хвилин. Розморозити фрукти й овочі можна за 1-3 хв. Це дає як економію часу, так і збереження якості, що близька до якості свіжих плодів.

Останнім часом у торгівлі широко застосовуються автомати з продажу швидкопсувних продуктів і таких, які бажано їсти в гарячому вигляді. Застосування НВЧ-нагріву дозволяє розробляти автомати швидкої дії з доставкою гарячої порції за 1-2 хв. Автомати з продажу гарячих продуктів повинні мати як холодильник для зберігання продуктів, так і НВЧ-піч для їх розморожування та нагріву до необхідної температури. Значно простішими можуть бути торгові автомати, які видають заморожені порції продуктів. Покупець самостійно може розігрівати продукти в НВЧ-печах, що встановлені у залі громадського харчування.

НВЧ-печі можуть успішно реалізовуватися для централізованого приготування продуктів, наприклад у лікарнях. Перспективним є харчування великої кількості людей, коли страви для них не готуються, а надходять зі спеціалізованих підприємств у вигляді заморожених чи охолоджених порцій і розігріваються в НВЧ-печах безпосередньо перед подачею. За такої організації економиться до 18% коштів.

Останнім часом, особливо у нових житлових будинках, для приготування їжі замість газу використовується електрика. Але електричні плити повільно розігріваються і тривалий час остигають після відключення. Їх ефективною альтернативою є НВЧ-печі, і це ще більше сприяє зростанню виробництва заморожених порціонних страв.

За останні роки суттєво збільшився спектр застосування енергії НВЧ. Так, доведено, що за допомогою випромінювання надвисоких частот можна підвищити енергію схожості насіння, біомасу врожаю, поліпшити його структуру, підвищити вміст каротину, цукру, крохмалю у корінні та білка в зерні, провести антибактерицидну обробку посівного матеріалу та сільськогоспо-дарської продукції [1; 2].

Підвищення якості посівного матеріалу зумовлено тим, що нагрів відбувається із середини зерна в напрямку до зовнішніх оболонок. Температура всередині зерна перевищує температуру зовні. Перепад температур стимулює перенесенням рідини з поживними речовинами до зародку та поліпшує проростання зерна. Під дією підвищеної температури слабшає активність плісняви, шкідників і хімічних речовин антипоживної дії.

У дослідженнях, що проводилися у рамках співробітництва ХТЕІ КНТЕУ й ХТУРЕ, доведено, що обробка зерна пшениці електромагнітною енергією НВЧ із довжиною хвилі 10-12 см і щільністю 280-300 Вт·кг/с знижує інтенсивність розвитку комах-шкідників на 50-70%, залежно від вологості сировини, а з щільністю 400 Вт·кг/с – призводить до практично повного придушення відтворення комах. Такий спосіб боротьби зі шкідниками є перспективним щодо суттєвого зменшення вживання отрутохімікатів і зберігання екологічно чистої сировини [3].

Покращуються і хлібопекарські властивості борошна: поліпшується структура м'якуша, збільшується пористість, знижується припічка, подовжується термін зберігання хліба.

У роботах [4] поєднано традиційну термообробку соняшнику і рапсу до температур 333-338 К із дією електромагнітної енергії НВЧ, що дозволило ін-

тенсифікувати процес відділення олії внаслідок активації виділення пари і нагріву насіння зсередини до 373 К [4].

Поступове розігрівання ядер насіння приводить спочатку до збільшення інтенсивності відділення олії, а після досягнення температур, що трохи перевищують 373 К – до стабілізації відокремлення олії на рівні до 50% для соняшнику і до 40% – для рапсу.

У сучасних технологіях виробництва білкових речовин молока традиційну теплову обробку під час пастеризації, яка інактивує до 99,0% корисних мікроорганізмів і руйнує термолабільні молекули, успішно замінюють на НВЧ-нагрів короткої нешкідливої дії [5].

НВЧ-енергія знаходить застосування і в технологіях м'ясного виробництва, наприклад для обробки м'яса, яке заражене бактеріями та личинками *Trichinella spiralis* або з метою встановлення поживних властивостей продукту [6].

НВЧ-обробка підвищує ступінь виходу та якість плодово-ягідних соків і ефективність екстракції в технології виготовлення вин [7].

У результаті дії надвисокого випромінювання підвищується ефективність харчових технологій за рахунок більш швидких та ефективних процесів, що забезпечують високу якість продукту і збільшення його виходу. Широко поширюється використання НВЧ-техніки для бланширування, сушіння, пастеризації, стерилізації в різних галузях харчової промисловості, що підвищує біологічну безпеку продукції.

Розробляються нетрадиційні методи синтезу харчових компонентів. Наприклад, у результаті дії енергії НВЧ процес заварювання декстринового клею з картопляного крохмалю скорочується та дозволяє суттєво підвищити експлуатаційні властивості продукту: здатність до склеювання, еластичність, прозорість, небезпечність та строк придатності [8].

Під час роботи з НВЧ-установками потрібно дотримуватися умов безпеки. Санітарна норма СВЧ-випромінювання дорівнює 10 мкВт/см. Слід зазначити, що із зростанням відстані від резонаторних камер і систем, де відбувається обробка за допомогою СВЧ-енергії, випромінювання швидко слабшає (обернено-пропорційно квадрату відстані). Тому можна встановити безпечну межу, де рівень випромінювання нижчий за санітарну норму і небезпечний для обслуговуючого персоналу.

У побутових СВЧ-печах для попередження дії випромінювання кризь вантажні люки, дверці та кришки застосовуються контактні засоби у вигляді великої кількості пружинок з листового матеріалу, наприклад, з берилієвої бронзи БрБ2 або з твердих і м'яких (на кшалт гуми) вбираючих матеріалів, які вже за товщини в декілька міліметрів практично повністю поглинають СВЧ-випромінювання.

Отже, використання НВЧ-технологій із дотриманням вимог техніки безпеки небезпечно для людини.

**Висновки.** Отже, аналіз результатів наукових даних щодо використання НВЧ-енергії показав, що в сільськогосподарських і харчових виробництвах хвилі надвисоких частот можуть успішно використовуватися для поліпшення споживчих властивостей продуктів, зменшення енергозатрат, скорочення три-

валості процесу обробки, збільшення терміну використання кінцевого продукту, забезпечення мікробіологічної стабільності продукції. Перспективи більш широкого застосування НВЧ-випромінювання пов'язані з розробкою і впровадженням НВЧ-установок нового покоління.

Виконані науково-практичні роботи у рамках співробітництва ХТЕІ КНТЕУ та ХТУРЕ дозволили отримати оптимальні режими економічної НВЧ-обробки об'єктів сільськогосподарського і харчового призначення з підвищеними показниками виходу і поліпшеними споживчими властивостями продукту.

**Перспективи подальших досліджень** у напрямку розробки ефективних процесів з використання НВЧ-енергії у харчових технологіях. Планується впровадження технологій із застосуванням випромінювання надвисоких частот у виробництві м'ясних, молочних, фруктових і овочевих продуктів і напівфабрикатів.

### Список літератури

1. Разумовский А.Г. Качество зерновых культур и пути его повышения в Восточной Сибири / А.Г. Разумовский, Л.В. Плеханова. – Новосибирск, 2005. – 176 с.
2. Технология предпосевного обеззараживания семян овощных культур от инфекции в защищенном грунте / Ю.А. Меновщиков, Л.Н. Коробова, Т.Н. Шишарова, Р.С. Цыганкова // 400 лет землепашества Прииртышья. – Омск, 2000. – С. 77-79.
3. Кухтина Н.Н. Использование электромагнитной энергии СВЧ диапазона в технологиях обработки семян и зерна / Н.Н. Кухтина, А.А. Конарь // Научные труды ОНАПТ. – 2009. – Вып. 36, т. 1. – С. 249-253.
4. Кухтіна Н.М. Електромагнітна енергія НВЧ у сучасних технологіях вилучення олії / Н.М. Кухтіна // Прогресивна техніка і технології харчових виробництв, готельно-ресторанного господарства і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 2011 р., травень, Харків. – Х.: ХДУХТ, 2011. – Ч. 1 – С. 228-229.
5. Орлов В.В. Применение СВЧ-энергии в процессе подготовки творожного сгустка / В.В. Орлов, В.А. Березко // Теоретические и экспериментальные исследования интенсификации процессов, машин и агрегатов пищевых технологий. – СПб.: СПбГАХИПТ, 1996. – С. 34-35.
6. Цугленок Г.И. Использование СВЧ-обеззараживания в пищевой промышленности / Г.И. Цугленок, Т.А. Толмачева, Г.Г. Юсупова // Экономика и социум на рубеже веков. – 2003. – Ч. 1. – С. 104-106.
7. Гулиев Ш.Р. Улучшение качества виноградных вин и соков путем их обработки в электромагнитном равномерном поле сверхвысокой частоты / Ш.Р. Гулиев, Б.А. Демьянчук, Н.В. Оленев // Виноградарство и виноделие. – 2006. – № 1-2. – С. 41-43.
8. Кухтина Н.Н. Влияние воздействия энергии СВЧ на клейкую способность декстрина / Н.Н. Кухтина, А.А. Контарь // Пищевая наука и технология. – 2012. – № 1 (18). – С. 72-74.