

УДК 641.539

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОГО ПРОЦЕСУ ІЧ-ЖАРІННЯ У ГАЗОВИХ СЕРЕДОВИЩАХ ТА ЙОГО ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

Михайлов В.М., д.т.н., проф., Шевченко А.О., к.т.н., доц.,
Прасол С.В., к.т.н., доц., Каверін М.С., магістрант

Державний біотехнологічний університет

Наведено результати дослідження комбінованого ІЧ-жаріння у газовому середовищі. Досліджено два варіанти реалізації процесу в газовому середовищі з надлишковим вмістом двоокису вуглецю. Визначено час досягнення заданої температури на першій стадії комбінованого процесу ІЧ-жаріння.

Загальна тенденція енергоспоживання, що склалася останнім часом майже у всьому світі, свідчить про істотне підвищення витрат енергії та безперервне зростання вартості її генерування. За умов енергетичного дефіциту енергозбереження в найближчі роки є істотною альтернативою зростаючій потребі в енергії. Враховуючи це, гостро стають проблеми створення і впровадження сучасних малоенергоємних процесів, які забезпечують скорочення витрат енергії в сполученні з забезпеченням гарантованої якості продукції.

Особливо це актуально для галузі харчових виробництв, яка є однією з складових народногосподарського комплексу країни та вирішує найважливіші питання забезпечення населення продуктами харчування. Виробництво продуктів харчування характеризується низькою ефективністю технологічного обладнання. Важливим показником оцінки роботи обладнання є ступінь енерго- та ресурсозбереження. Тому одним з перспективних напрямків подальшого розвитку галузі є підвищення технічного рівня підприємств шляхом розробки та впровадження нового прогресивного обладнання, використання якого дозволяє зменшити витрати енергетичних і матеріальних ресурсів [1-4].

Досліджено комбінований процес ІЧ-жаріння у газовому середовищі з надлишковим вмістом двоокису вуглецю. Він здійснюється при розміщенні харчового продукту у теплоізольованому герметичному об'ємі з встановленим в ньому джерелом ІЧ-нагріву, що генерує основну частку енергії в інтервалі довжин хвиль 2,2...3,0 мкм (наприклад, ніхромова спіраль в кварцевій трубці)

За першим варіантом реалізації процесу перед початком ІЧ-жаріння у робоче середовище подається двоокис вуглецю до утворення надмірного тиску 10...30 кПа, після чого вмикаються ІЧ-нагрівачі. З підвищенням температури робочого середовища після утворення на поверхні продукту скоринки, яка протидіє видаленню вологи та жиру при подальшому нагріві, проводять періодичне вимикання та вмикання ІЧ-нагрівачів, здійснюючи тим самим імпульсне ІЧ-енергопідведення.

За другим варіантом здійснюється нагрів продукту ІЧ- випромінюванням у повітряному середовищі до моменту утворення скоринки. Після цього до робочого середовища додають двоокис вуглецю, утворюючи надмірний тиск у межах 10...30 кПа, а ІЧ-нагрівачі переключають на роботу в імпульсному режимі.

Кінетику температури поверхневих та центральних шарів біфштексів січених при реалізації першого та другого варіантів комбінованого процесу ІЧ-жаріння за парціального тиску двоокису вуглецю 20 кПа. За першого варіанту відбувається інтенсивний нагрів продукту в початковий період часу у газовому середовищі двоокису вуглецю до утворення скоринки на його поверхні. Через 150 с ІЧ-нагрівачі вимикають, чим забезпечується стабілізація температури поверхні та її незначне зниження. Це в свою чергу сприяє зниженню температурного перепаду між поверхнею та внутрішніми шарами виробу.

Через 90 с ІЧ-нагрівачі знов вмикають на період біля 60 с, а після їх вимикання на 30 с на поверхні спостерігається незначне зростання температури. Надалі ІЧ-нагрівачі також вмикають на період 60 с, і після їх вимикання температура спочатку незначно продовжує зростати, а потім незначно зменшуватися. За такого режиму ІЧ-жаріння поверхня не перегрівается вище 130 °С, а температура 85 °С у центрі виробів досягає за 480 с, тобто інтенсифікація ІЧ-жаріння складає при цьому 11,2 % (у зрівнянні з безперервним ІЧ-нагріванням у повітряному середовищі).

За другого варіанту протягом 180 с відмічається зростання температури поверхні до 110 °С, за якої вже відбуваються фізико-хімічні зміни, що зумовлюють виникнення скоринки. Подача у цей момент двоокису вуглецю, який має значно нижчу температуру, призводить до деякого зниження температури газового середовища та поверхні виробу, що стримує темп її подальшого нагріву. Далі передбачається вимикання ІЧ-нагрівачів та проведення теплової обробки у нагрітому газовому середовищі протягом 60 с. На подальших етапах ІЧ-нагрівачі періодично вмикають на 30 с та вимикають на 60 с. За вимкнених ІЧ-нагрівачів зростання температури продовжується, але менш суттєво. Температура в центрі поступово зростає до 85 °С протягом 492 с, тобто інтенсифікація ІЧ-жаріння складає при цьому 8,9 %.

Відносні втрати маси за використання розглянутих варіантів комбінованого процесу складають приблизно 0,17 та 0,18 відповідно. Отримана різниця зумовлена, більш інтенсивним нагрівом поверхневого шару в початковий період при реалізації першого варіанту комбінованого процесу, за рахунок чого прискорюється утворення скоринки, яка у подальшому стримує перебіг масообмінних процесів.

Результати дослідження швидкості нагріву поверхневих та центральних шарів свідчать про те, що нагрів поверхні за першого варіанту в початковий період часу декілька вище та складає біля 1,2 °С/с, за другого варіанту швидкість дорівнює 1,0 °С/с. З перебігом часу швидкість нагріву поверхневих шарів за обох випадків знижується. Подальше чергування циклів імпульсного вмикання та вимикання ІЧ-нагрівачів визначає періодичне зростання та зниження швидкості нагріву.

Зміна швидкості нагріву поверхневих шарів певною мірою впливає й на швидкість зміни температури центральних шарів виробів. Так, протягом 150 с швидкість практично не змінюється, після чого вона декілька знижується, що зумовлене, у першому випадку – вимиканням ІЧ-нагрівачів, а у другому –

додаванням двоокису вуглецю до робочої камери, який сприяє деякому зниженню температури газового середовища.

Подальше зростання та зниження швидкості нагріву центральних шарів відповідає етапам вмикання та вимикання ІЧ-нагрівачів, тобто етапам обробки ІЧ-випромінюванням у середовищі з підвищеним вмістом двоокису вуглецю та етапам обробки за рахунок теплоти, акумульованої газовим середовищем.

Розрахунковим методом з урахуванням характеру розповсюдження «температурного фронту» до геометричного центру виробів, які з певним наближенням прийняті у формі пластини, визначено час досягнення заданої температури на першій стадії комбінованого процесу ІЧ-жаріння за першим варіантом. Приймаючи температуру $t_n = 105$ °С, а $t_y = 35$ °С, та з урахуванням значення $Fo^{(1)} = 0,142$, що отримано за номограмою для координати «температурного фронту» $\rho = 0$, час термообробки становить 91с.

Таким чином, отримані результати розрахунку τ добре узгоджуються з експериментальними, що свідчить про їх високу достовірність.

Список літератури:

1. Розробка напрямків вирішення проблеми енерго- та ресурсозбереження під час жаріння кулінарних виробів / С.І. Ялинич [та ін.] // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді : Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, присвячена 50-ти річчю заснування ХДУХТ, 6 квітня 2017 р. : тези у 2 ч. – Х. : ХДУХТ, 2017. Ч. 1. С. 293.

2. Визначення якісних показників продукції, виробленої з використанням ІЧ-нагрівання в умовах газового середовища [Електронний ресурс] / В.М. Михайлов [та ін.] // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. Х. : ХДУХТ, 2017. – Вип. 2 (26). С. 322-334. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/766/1/Pt_2017_2_33.pdf (дата звернення: 19.10.2023).

3. Розроблення технологічного процесу виробництва м'ясних січених напівфабрикатів за умов ІЧ-нагрівання в газовому середовищі / І.Г. Бабанов [та ін.] // Наукові праці національного університету харчових технологій. К. : НУХТ, 2019. Т. 25, № 6. С. 51-55. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/32664/1/DEVELOPMENT%20OF%20THE%20TECHNOLOGICAL%20PROCESS.pdf> (дата звернення: 19.10.2023).

4. Розробка комбінованого способу ІЧ-обробки напівфабрикатів у газовому середовищі з підвищеним вмістом двоокису вуглецю / В.О. Старков [та ін.] // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді : Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, 19 квітня 2018 р. : тези у 2 ч. – Х. : ХДУХТ, 2018. – Ч. 1. – С. 258.