

ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІАЦІЙНО-КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ ПАСТИЛО-МАРМЕЛАДНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Шевченко А.О., канд. техн. наук, доц., Прасол С.В., канд. техн. наук, доц.,
Демченко В.О., аспірант, Прасол С.О., магістрант

(Державний біотехнологічний університет)

Серед великої кількості актуальних проблемних питань в галузі харчової промисловості одне з провідних місць посідає зниження витрат енергетичних і матеріальних ресурсів під час виробництва кулінарної продукції. До найбільш енерговитратних процесів належить тепло-масообмінна обробка (нагрівання, охолодження, концентрування, сушіння), яка, до того ж, супроводжується втратами ресурсного потенціалу продукту внаслідок зміни фізико-хімічних властивостей і, відповідно, зниження харчової та біологічної цінності. Це стосується й виробництва пастило-мармеладної продукції.

Зефір та пастила – повітряні кондитерські ласощі, роду цукристих, які виготовляють шляхом збивання фруктов-ягідного пюре (в основному яблучного) з цукром і яєчним білком, та подальшого додавання формотворчої основи (пектину, агару, желатину) та барвників. Основа виробництва цих споріднених солодошів одна – це сушіння приготовленої та сформованої зефірної (пастильної) маси у сушильній камері.

У процесі радіаційно-конвективного сушіння тепло висушеного матеріалу передається від ІЧ-випромінювача, що має короткохвильовий спектр (кварцові лампи ІЧ-нагріву) і нагрітого повітря. Променева енергія, досягаючи поверхні матеріалу, проникає в нього на деяку глибину і перетворюється на тепло. При цьому відбувається поглиблення зони випаровування та пов'язане з ним збільшення поверхні випаровування. Глибина проникнення інфрачервоного випромінювання залежить від фізичних та структурно-механічних властивостей продукту. Для пастили та мармеладу вона знаходиться в межах 1...2 мм.

Для вивчення радіаційно-конвективного способу сушіння пастило-мармеладних виробів була виготовлена спеціальна лабораторна сушарка. Як випромінювач застосовували кварцові лампові ІЧ-випромінювачі. Ступінь нагрівання регулювалася за допомогою реостату. ІЧ-випромінювачі кріпилися на рамці з чотирма гвинтами. За допомогою останніх досягалася зміна відстані від випромінювача до об'єкта сушіння. Продукт, що підлягав процесу сушіння, розміщувався на нержавіючій сітці, пов'язаній через шток з тензодатчиком для фіксування ваги. Такий пристрій дозволяв у потрібні моменти часу фіксувати вагу зразка, не виймаючи його із сушильної камери. Потік повітря під час вимірів прямував холостим повітроводом. подача повітря в сушильну камеру відбувалась за допомогою вентилятора, підігрів – електричним калорифером, включеним до мережі реостату. Система повітроводів установки давала можливість здійснювати рециркуляцію повітря.

Дослідження процесу сушіння проводилося на підставі даних про початкову вологість і величину втрат зразка, що фіксується вагами. Навіс брався загалом по 4 од. зефіру вагою 25 гр. кожен, тому помилка зважування, що дають технічні ваги 0,01 гр. не надавала помітного впливу на результати дослідів. Напівфабрикати пастило-мармеладних виробів, з якими проводилися дослідження, вироблялися безпосередньо під час експерименту. Проведені експериментальні дослідження різних режимів сушіння зефіру дозволили розробити спосіб прискореного сушіння зефіру на пектині, але процес прискорення сушіння зефіру на агарі на сьогоднішній день залишається відкритим.

Визначено оптимальні параметри сушіння. Під час проведених досліджень вони були наступними: напрямок руху – нормальний відносно поверхні продукту (через соплові насадки); швидкість повітря $V = 7$ м/сек; температура повітря $t = 42...44$ °С; відносна вологість $\varphi = 35...20$ %; опромінення – пульсуюче лампами ІЧ-нагріву, довжина хвилі $\lambda = 4...6$ мкм; співвідношення часу ІЧ-нагрівання та конвекції дорівнює 1:6.

Швидкість сушіння та зміна температури вказують на те, що процес сушіння зефіру на агарі конвективно-радіаційним способом йде в період зменшення швидкості. На початку процесу температура виробу швидко підвищується, а потім стає практично постійною, характеризуючи наближення продукту до рівноважної вологості. Характер тепло- та вологообміну змінюється у процесі сушіння відповідно до руйнування різних форм зв'язку вологи з матеріалом.

Температурне поле зефіру при впливі ІЧ-нагріву показує різницю (до $10...12$ °С) між температурою центру та поверхневим шаром. Температура підкіркового шару, вища за температуру повітряного середовища, що характерно для сушіння термовипромінюванням. Такий аномальний розподіл температур пояснюється тим, що при температурі середовища нижче температури поверхні, навколишнє повітря охолоджує поверхню зефіру. Температура наступних шарів, що поглинають значну кількість інфрачервоних променів, вища завдяки тому, що внутрішні шари матеріалу нагріті більше поверхневих шарів.

Під час сушінні половинок зефіру одержуване поле вологості з мінімальною вологістю верхньої скоринки $13...15$ % і трохи підвищеної для дна (до 20 %) є не бажаним, так як це буде центром кристалізації. Вологість поверхневих шарів у ряді дослідів значно нижча за інтегральну кінцеву вологість зефіру ($20...21$ %) та знаходиться майже на рівні рівноважної вологості.

Таким чином, у процесі радіаційно-конвективного сушіння тепло висушуваного матеріалу передається від ІЧ-випромінювача, що має короткохвильовий спектр. Проведені експериментальні дослідження різних режимів сушіння зефіру дозволили розробити спосіб прискореного сушіння зефіру на пектині. Вологість поверхневих шарів зефіру значно нижча за інтегральну кінцеву вологість та знаходиться майже на рівноважному рівні.