

З метою вивчення можливості впливу ультразвукових хвиль на м'ясну сировину були проведені дослідження щодо зміни температури м'ясної сировини під час ультразвукової обробки (рис. 2). Температурний чинник під час підготовки м'ясної сировини є важливим, бо за зміною температури можна прогнозувати зміни, що проходять у самому продукті

Отримані дані свідчать про незначне підвищення температури впродовж 30 хв ультразвукової обробки.

Висновки. Установлено, що м'ясо, яке було оброблено ультразвуковими хвилями з частотою 22 кГц має високу бактеріологічну стійкість за рахунок знищення більшості мікроорганізмів. Унаслідок цього можна переглянути формулу стерилізації м'ясних консервів з метою зменшення тривалості теплової обробки, що дасть змогу покращити їх якість, зменшити енергозатрати на виробництво.

Список літератури

1. Эльпинер, И. Е. Ультразвук – физико-химическое и биологическое воздействие [Текст] / И. Е. Эльпинер. – М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит.-ры, 1963. – 625 с.
2. Заяс, Ю. Ф. Ультразвук и его применение в технологических процессах мясной промышленности [Текст] / Ю. Ф. Заяс. – М. : Пищевая пром-сть, 1970. – 290 с.
3. Рогов, И. А. Электро-физические методы обработки пищевых продуктов [Текст] / И. А. Рогов. – М. : Агропромиздат, 1988. – 272 с.
4. Винникова Л. Г. Технология мяса и мясopодуктов [Текст] : учебник / Л. Г. Винникова. – К.: Инкос, 2006. – 600 с.
5. Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов [Текст] / Л. В. Антипова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 2000. – 378 с.

Отримано 31.03.2010. ХДУХТ, Харків.

© Г.М. Постнов, В.М. Червоний, Д.А. Нечипоренко, А.М. Кузьмінов, 2010.

УДК: 641.78:664

В.О. Потапов, д-р техн. наук, доц.

Є.М. Якушенко, асист.

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ЗМІН ЯКОСТІ ВИНОГРАДНОЇ ВИЧАВКИ ПІД ЧАС ЗТП-СУШІННЯ

Визначено вплив конструкції нагрівачів розташованих у тепломасообмінному модулі (ТМОМ) та наведено моделювання змін якості виноградної вичавки під час сушіння в ТМОМ із внутрішнім нагрівачем.

Определено влияние конструкции нагревателей расположенных в теплообменном модуле (ТМОМ) и смоделированы изменения качества виноградной выжимки при сушке в ТМОМ с внутренним нагревателем.

The effect of the construction of heaters located in the heat-mass exchange module and simulated changes in the quality of grape pomace during drying in with an internal heater.

Постановка проблеми у загальному вигляді: Агропромисловий комплекс України – один з найбільших споживачів паливно-енергетичних ресурсів у країні. Переробка плодів і овочів у харчові напівфабрикати й готові продукти здійснюється в досить великих масштабах, що спричиняє витрати як енергії так і залучення великих матеріальних ресурсів. На даний момент, технологічні процеси сушіння і їхня апаратна реалізація не повною мірою відповідають вимогам запропонованим до сучасного устаткування підприємств харчових виробництв. Останнім часом найбільш перспективним способом є сушіння змішаним теплопідводом (ЗТП-сушіння), для обробки плодів і овочів та одержання високопористого швидковідновлювального продукту. Одержання високопористого швидковідновлювального продукту з рослинної сировини за допомогою сушіння у тепломасообмінних модулях (ТМОМ) характеризується малими енерговитратами відносно інших способів сушіння [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження присвячені цьому процесу, містять результати досліджень за конвективного підведення теплоти від сушильного агента до матеріалу у функціональних ємностях, що має низьку ефективність. Застосування кондуктивного підведення теплоти до матеріалу дозволяє зменшити питомі енерговитрати на процес сушіння у ТМОМ [2].

Використання внутрішнього обігрівача у ТМОМ дозволяє підвищити енергоефективність ЗТП-сушіння. У цьому випадку значно зменшується термічний опір від джерела теплоти до продукту. За традиційною схемою ЗТП-сушіння до поверхні ТМОМ теплота від сушильного агента переноситься конвекцією, а далі від поверхні ТМОМ через сам продукт за рахунок теплопровідності.

У той же час потік пари, яка утворюється унаслідок випаровування в середині ТМОМ, спрямований проти цього теплового потоку, що знижує ефективність теплоперенесення.

У випадку внутрішнього нагрівача у ТМОМ потоки теплоти та маси співпадають за напрямом та ефективність використання теплової енергії підвищується. У цьому випадку не має необхідності нагрівати зовнішній сушильний агент, який виконує лише транспортну функцію по відведенню вологи від поверхні ТМОМ.

Мета та завдання статті. Метою роботи є визначення впливу конструкції нагрівачів розташованих у ТМОМ на зміну якості виноградної вичавки в процесі її сушіння.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як відомо в процесі сушіння протікають хімічні й біохімічні реакції, що приводять до зміни харчової й біологічної цінності сировини, що висушується. Знаючи кінетику протікання цих реакцій, можна прогнозувати втрати біологічно активних речовин. У праці [1], було запропонована методика визначення ефективних констант хімічних реакцій у процесі сушіння й отримані рівняння описують кінетику відповідних реакцій.

Відносні втрати БАР у процесі сушіння описуються наступними рівняннями:

$$\Delta n_{\alpha}^* = 1 - \exp(-K_{\alpha} \tau_c), \quad (1)$$

$$K_{\alpha} = \tilde{\kappa}_{\alpha} \sqrt{\frac{\bar{T}}{T_0}} \exp\left(-\text{Bo}_{\alpha}^0 \frac{T_0}{\bar{T}}\right), \quad (2)$$

де Δn_{α}^* – відносні втрати речовини α у продукті після сушіння в частках одиниці до первинного змісту; τ_c – тривалість процесу сушіння, с; $\tilde{\kappa}_{\alpha}$ – ефективний частотний чинник (постійний для даної речовини α і типу хімічної реакції), с^{-1} ; T_0 – початкова температура продукту, К; \bar{T} – середня температура продукту за весь період сушіння; Bo_{α}^0 – критерій Больцмана для реакції з речовиною α за початкової температури продукту T_0 .

Рівняння (1), (2) дозволяють за наявності експериментальних даних про втрати БАР залежно від середньої температури продукту й тривалості сушіння визначити константи хімічної реакції $\tilde{\kappa}_{\alpha}$, Bo_{α}^0 .

У праці [1] була також встановлена кореляція між константами реакції у вигляді

$$\tilde{\kappa}_{\alpha} = 6,95 \cdot 10^{-9} (\text{Bo}_{\alpha}^0)^{7,8}, \quad (3)$$

яка дозволяє, маючи лише дані по втратах БАР за однієї температури, визначити чинник Больцмана Bo_{α}^0 й далі, з використанням рівнянь

(1)-(3), прогнозувати зміну якості сировини в процесі сушіння за інших температур.

Недоліком регресійного рівняння (3) є те, що при підстановці його у формулу (2) виходить трансцендентне рівняння щодо обумовленого чинника Bo_{α}^0 , яких необхідно вирішувати чисельно. Нами було знайдено інше регресійне рівняння для зв'язку між константами реакції у вигляді

$$\tilde{\kappa}_{\alpha 0} = 5,634 \cdot 10^{-3} \cdot \exp\left(0,488 \cdot Bo_{\alpha\beta}^0\right), \quad (4)$$

яке дозволяє аналітично дозволити рівняння (1), (2) щодо чинника Больцмана, знаючи втрати БАВ Δn_{α}^* , початкову T_0 , середню температуру продукту \bar{T} й тривалість процесу сушіння τ_c .

$$Bo_{\alpha}^0 = \frac{\bar{T}}{T_0} \frac{\ln \left[\ln \left(\frac{1}{(1 - \Delta n_{\alpha}^*) \tau_c} \sqrt{\frac{T_0}{\bar{T}}} \right) \right] + 5,176}{0,488 \frac{\bar{T}}{T_0} - 1}. \quad (5)$$

Це рівняння, як і раніше отримані у праці [1], справедливо в діапазоні чисел $Bo_{\alpha}^0 = 11 \dots 21$, що відповідає реакціям за участю аскорбінової кислоти й β -каротину за температури продуктів у процесі сушіння від 20 до 100° С.

У ході експериментів нами було визначено, що найменші втрати аскорбінової кислоти при сушінні виноградної вичавки в ТМOM без використання додаткових нагрівачів мають місце за температури сушильного агента $t_c = 70^{\circ}$ С. Це результат повністю співпадає з результатами досліджень проведених раніше для інших видів харчової сировини [1; 2].

Середнє значення втрат за $t_c = 70^{\circ}$ С склало 5%, при цьому середня температура матеріалу в процесі сушіння 56° С, середня тривалість сушіння 102 хв. На підставі цих даних був визначений чинник Больцмана для реакції розпаду аскорбінової кислоти $Bo_{\alpha}^0 = 15,4$ під час сушіння виноградної вичавки в ТМOM.

Потім було проведено серія експериментів із вивчення кінетики вологовмісту та температури в процесі сушіння в ТМOM з різними видами нагрівачів (рис. 1): внутрішній плоский нагрівач (ВПН), внутрішній трубчастий нагрівач (ВТН), поверхневий плоский нагрівач

(ППН), при варіюванні температури сушильного агента і його швидкостей, геометрії масообмінного модуля (його товщини й ширини масообмінного зазору). При цьому по всіх експериментах температура додаткового нагрівача в ТМОМ підтримувалася постійної та рівної 70° С, виходячи з даних попередніх експериментів.

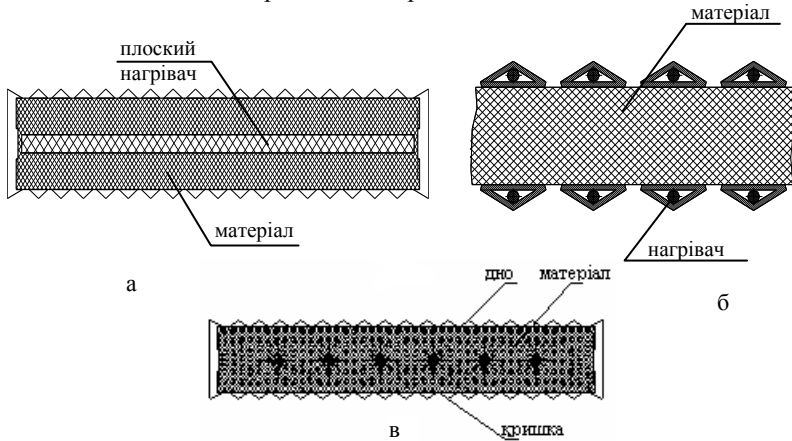


Рисунок 1 – Розташування нагрівачів у ТМОМ: а – внутрішній плоский нагрівач (ВПН); б – поверхневий плоский нагрівач (ППН); внутрішній трубчастий нагрівач (ВТН)

Дослідження проводилися за планом дробового трифакторного експерименту з додатковими точками варіювання швидкості сушильного агента. В експериментах вивчалася кінетика вологовмісту й температури матеріалу в процесі сушіння до постійної маси. Потім визначалися середні температури продукту за весь період сушіння й тривалість процесу, по формулах (1), (2) і (4) розраховувалися очікувані втрати аскорбінової кислоти для всіх точок плану експерименту.

Отримані дані про величину втрат якості при сушінні в ТМОМ з різними типами нагрівачів залежно від режиму сушіння були узагальнені за допомогою математичної моделі, знайденої методом аналізу розмірностей.

$$\Delta n_{\alpha}^* = A\Theta^a \text{Re}^b, \quad (6)$$

де Θ – безрозмірна середня температура нагрівач-сушильний агент, $\Theta = (T_c + T_H) / 2T_0$; T_c – температура сушильного агента, °С;

T_n – температура нагрівача, К; Re – число Рейнольдса, як характерний розмір узятий ефективний розмір каналу над масообмінним модулем.

Постійні коефіцієнти рівняння (6) наведені в таблиці.

Таблиця – Регресійні коефіцієнти залежності втрат аскорбінової кислоти від процесних чинників сушіння в ТМOM

Тип нагрівача	A	a	b
ВПН	0,479	-0,66	0,02
ВТН	0,446	-0,62	0,03
ППН	0,258	-0,29	0,07

На рис. 1,2 узагальнені результати цих досліджень, згруповані для двох досліджених випадків: сушильний агент без підігріву (за кімнатної температури) і сушильний агент із підігрівом до температури 90° С.

Отримані залежності підтверджують використану для аналізу модель кінетики хімічних реакцій (1)-(2) з БАР у процесі сушіння – збільшення середньої температури нагрівач-сушильний агент збільшує втрати БАР, викликані ростом швидкості хімічної реакції, а збільшення швидкості сушильного агента – зменшує, що пояснюється зменшенням тривалості процесу сушіння, а, отже, і тривалості відповідних хімічних реакцій.

Як видно з отриманих залежностей, мінімум втрат аскорбінової кислоти у разі сушіння забезпечує ТМOM із внутрішнім трубчастим нагрівачем і відсутності додаткового підігріву сушильного агента (рис. 2).

Втрати аскорбінової кислоти в цьому випадку становлять 3...8%, а при використанні сушильного агента з підігрівом до 90° С – 12...20%.

Такий характер втрат якості сировини під час сушіння можна пояснити різним характером тепломасопереносу при розташуванні додаткових нагрівачів усередині й на поверхні ТМOM. Потік теплоти й маси збігаються по напрямку у разі використання внутрішніх нагрівачів і відсутності підігріву сушильного агента. У разі використання зовнішнього нагрівача або додаткового підігріву сушильного агента ці потоки завжди протилежні один-одному. Це відображається на характері коефіцієнтів рівняння (6). Згідно з даними таблиці для внутрішніх нагрівачів температурна залежність втрат більш сильна, ніж для зовнішнього нагрівача, і, навпроти, для зовнішнього нагрівача важливий вплив швидкості сушильного агента.

Такий характер тепломасопереносу відіграє на середній температурі сировини й тривалості сушіння, які й визначають кінетику

хімічних реакцій. Зокрема, у випадку використання поверхневого нагрівача й додаткового підігріву сушильного агента тепловий потік від поверхні ТМOM до її центра максимальний й швидкість сушіння зростає в результаті конвективного потоку сушильного агента усередину ТМOM. Це, очевидно, забезпечує менші втрати якості в цьому випадку при $Re > 1,5 \cdot 10^7$.

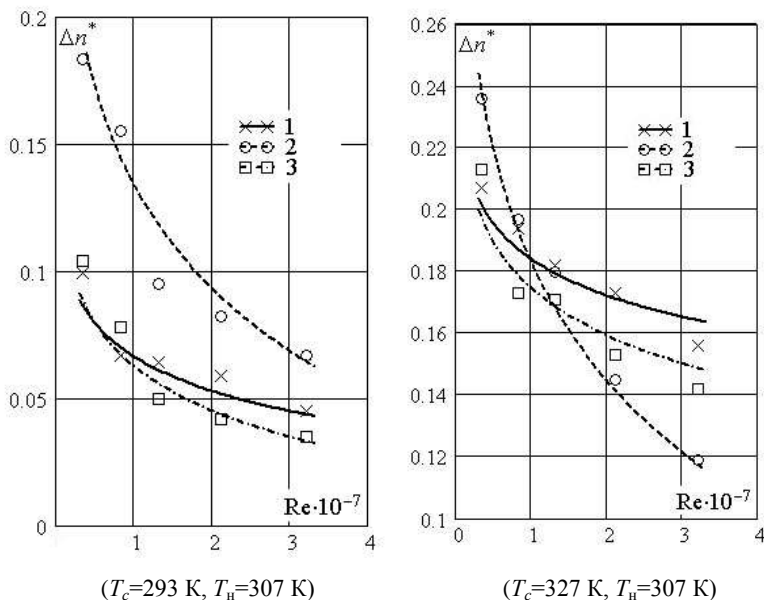


Рисунок 2 – Втрати (відн. один.) аскорбінової кислоти під час сушіння в ТМOM з різними типами нагрівачів від швидкості сушильного агента: 1 – ВПН; 2 – ППН; 3 – ВТН

Менші втрати якості під час сушіння в ТМOM із внутрішнім трубчастим нагрівачем у порівнянні із внутрішнім плоским нагрівачем пояснюється тим, що площа контакту трубчастого нагрівача з висушеною сировиною, найменша в порівнянні з іншими типами нагрівачів, тому питомий обсяг сировини, що піддається найбільшому температурному впливу в місці контакту в цьому випадку менше.

Висновки. Таким чином, на підставі дослідження впливу конструкції додаткових нагрівачів у ТМOM на зміну якості сушіння виноградної вичавки встановлено, що найменші втрати аскорбінової кислоти 5...8% спостерігаються у разі використання внутрішнього трубчастого нагрівача й сушильного агента без додаткового підігріву. Отри-

мано математичну модель, що дозволяє пророкувати вплив процесних чинників під час сушіння в ТМОМ з додатковими нагрівачами на втрати якості сировини.

Список літератури

1. Потапов, В. О. Кінетика сушіння: аналіз і керування процесом [Текст] : монографія / В. О. Потапов. – Харків : ХДУХТ. – 2009. – 250 с.

2. Погожих, М. І. Наукові основи теорії й техніки сушіння харчової сировини в масообмінних модулях [Текст] : дис. ... д-р техн. наук : 05.18.12 : захищена 04.06.2002 / Погожих Микола Іванович. – Х., 2002. – 331 с.

Отримано 31.03.2010. ХДУХТ, Харків.

© В.О. Потапов, Є.М. Якушенко, 2010.

УДК 635.2:641.544.8

О.Г. Терешкін, канд. техн. наук

Д.В. Дмитревський, асп.

ОСОБЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ КАРТОПЛІ РІЗНИХ СОРТІВ ПАРОВИМ СПОСОБОМ

Розглянуто залежність режимів обробки картоплі парюю високого тиску від сортових особливостей картоплі. Представлені залежності глибини проварювання картоплі та зусилля з відділення шкірки від тривалості обробки парюю та тиску пари.

Рассмотрена зависимость режимов обработки картофеля паром высокого давления от сортовых особенностей картофеля. Представлены зависимости глубины провара картофеля и усилия отделения кожицы от длительности обработки паром и давления пара.

This article discusses the dependence of the treatment regimes of potato steam pressure from the varietal characteristics of the potato. The dependencies of the depth of penetration of potato and the efforts of the skin on the duration of steam treatment and steam pressure.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Картопля належить до найважливіших сільськогосподарських культур і є цінним харчовим продуктом. Переробка картоплі та виробництво продуктів харчування з неї є досить трудомістким процесом. Покривні тканини бульб картоплі характеризуються зниженою харчовою цінністю через концентрацію в них клітковини та геміцелюлози, тому є доцільним видалення цих тканин під час попередньої обробки картоплі [1]. При цьому одним з найважливіших завдань є мінімізація витрат сировини. Оскільки майже половина сировини йде у відходи під час очищення картоплі, виникає необхідність удосконалення цього процесу. Для цього слід урахувати, як спосіб очищення картоплі, так і її сортові особ-