

Список літератури

1. Торяник, О. І. Використання комп'ютерних технологій при дослідженні харчових продуктів методом ЯМР [Текст] / О. І. Торяник, О. Г. Дьяков // Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогоднішня і перспективи : IX Міжнар. наук.-техн. конф., 17-19 жовтня 2005 р. – К. : НУХТ, 2005. – Ч 2. – С. 50.
2. Торяник, О. І. Підвищення якості оцінки результатів експерименту в ЯМР дослідженнях харчових продуктів [Текст] / О. І. Торяник, О. Г. Дьяков // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – Харків, 2005. – Вип.2. – С. 314–317.
3. Федоров, В. В. Теория оптимального эксперимента (планирование регрессионных экспериментов) [Текст] / В. В. Федоров. – М. : Наука, 1971. – 312 с.
4. Хартман, К. Планирование экспериментов в исследовании технологических процессов [Текст] / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шеффер. – М. : Мир, 1977. – 552 с.

Отримано 30.09.2009. ХДУХТ, Харків.

© О.І. Торяник, О.Г. Дьяков, О.С. Луньова, 2009.

УДК 621.9.:681.3

В.О. Потапов, д-р техн. наук

І.С. Маргинець, магістр

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МАСООБМІННИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ

Наведено результати досліджень масообмінних характеристик харчової сировини, отриманих у процесі її сушіння.

Приведены результаты исследований массообменных характеристик пищевого сырья, полученных в процессе его сушки.

The results of the investigations of the mass transfer of food raw materials which were obtained in the process of drying are given in this article.

Постановка проблеми у загальному вигляді. У таких технологічних процесах як сушіння і збереження, вологотермічна обробка, екстракція та низки інших важливу роль відіграють явища масообміну та масоперенесення. Інтенсивність і тривалість цих явищ визначається масообмінними характеристиками харчової сировини: коефіцієнтом молекулярної та конвекційної фільтраційної дифузії вологи. Знання цих характеристик дає можливість проводити науково обгрунтований

вибір раціональних технологічних режимів обробки сировини й проводити ефективну інженерну розробку відповідних апаратів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш широко на практиці використовуються експериментальні методи, засновані на розрахунках масообмінних коефіцієнтів за кривими кінетики сушіння. В основі їх лежать різні аналітичні й емпіричні моделі, запропоновані О.В. Ликовим, В.Д. Єрмоленком, В.П. Журавльовою, Л.М. Нікітіною, Н.Є. Горобцовою й ін [1]. Найбільш істотним недоліком цих методів є моноенергетична модель вологого тіла, покладена у їх основу, яка припускає наявність у пористому кістяку тіла однорідної за енергією зв'язку вологи.

У праці [2] показано, що цю проблему може усунути гетероенергетична модель вологого тіла, що представляє трикомпонентну систему: сухий кістяк – зв'язана волога – вільна волога. У такій моделі одночасно існують потоки як вільної j_m^f , так і зв'язаної вологи j_m^b , що описуються класичним законом дифузії

$$j_m^f = \rho_0 a_m^f \nabla w_f. \quad (1)$$

$$j_m^b = \rho_0 a_m^b \nabla w_b. \quad (2)$$

де ρ_0 – концентрація сухих речовин у об'ємі тіла, кг/м³; a_m^f – коефіцієнт дифузії вільної вологи, м²/с; a_m^b – коефіцієнт дифузії зв'язаної вологи, м²/с; w_f – вологовміст вільної вологи, кг/кг; w_b – вологовміст зв'язаної вологи, кг/кг.

Але слід відзначити, що в літературних джерелах практично відсутня інформація про величину коефіцієнтів молекулярної та конвекційної дифузії вологи в овочах.

Мета та завдання статті. Виходячи з цього, метою даної роботи є експериментальне дослідження масообмінних характеристик харчової сировини.

Виклад основного матеріалу дослідження. Експерименти з вивчення кінетики сушіння моркви, буряка і цибулі проводили на конвекційній сушарці у Центрі сушіння ХДУХТ та визначали масообмінні характеристики за методикою запропонованою у праці [3].

На рисунках 1; 2 наведено отримані залежності коефіцієнтів молекулярної дифузії вільної й зв'язаної води від температури сушильного агента.

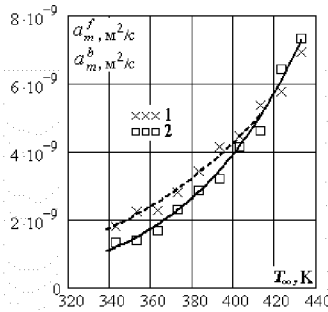


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнта дифузії вільної (1) і зв'язаної (2) води у моркві від температури сушильного агента

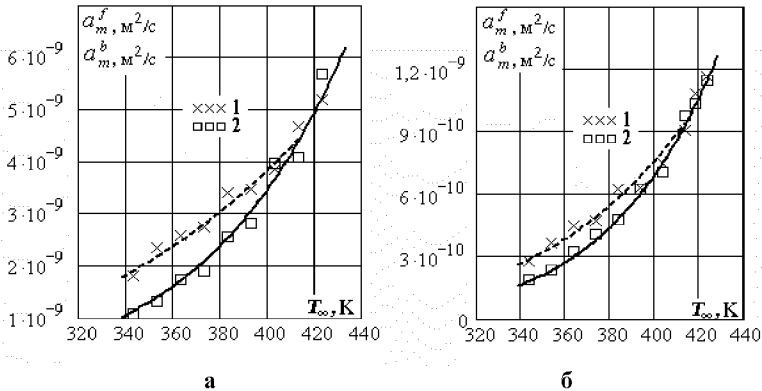


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнта дифузії вільної (1) і зв'язаної (2) води в овочах від температури сушильного агента: (а) – буряк, (б) – цибуля

На рисунках 3; 4 показано отримані залежності коефіцієнтів конвекційної фільтраційної дифузії води від температури сушильного агента за умов високотемпературного конвекційного сушіння.

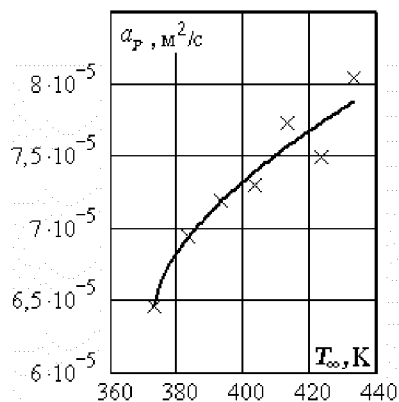


Рисунок 3 – Залежність коефіцієнта конвекційної фільтраційної дифузії води від температури у процесі високотемпературного сушіння моркви

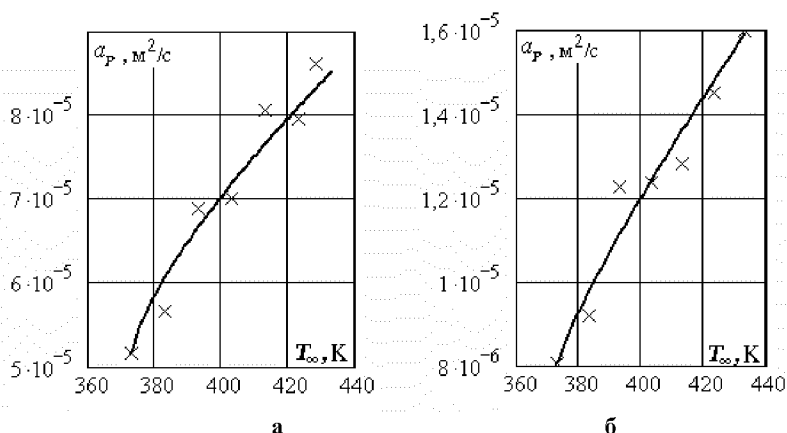


Рисунок 4 – Залежність коефіцієнта конвекційної фільтраційної дифузії води у овочах від температури у процесі високотемпературного сушіння: а – буряку; б – цибулі

Наведені дані для масообмінних коефіцієнтів овочів мають загальний характер. Коефіцієнт дифузії зв'язаної вологи з температурою росте швидше, ніж вільної, а при температурах сушильного агента більше 120...130°C коефіцієнти дифузії вільної й зв'язаної вологи збігаються за величиною $a_m^f(T_\infty) \approx a_m^b(T_\infty)$, тобто практично вся волога стає вільною. Більша чутливість коефіцієнта дифузії зв'язаної вологи до температури викликана іншими молекулярними механізмами переносу поблизу адсорбуючої поверхні – пористого кістяка у відмінності від концентраційної дифузії в "вільному" об'ємі.

У результаті статистичної обробки отриманих даних було знайдено загальне емпіричне рівняння для залежності коефіцієнтів дифузії вільної та зв'язаної вологи від температури сушильного агента

$$a_m^{f,b}(T_\infty) = a_{m0} \cdot \left(\frac{T_\infty}{T_0} \right)^n, \quad (3)$$

де a_{m0} – коефіцієнт дифузії, м²/с при температурі $T_0=293$ К; n – безрозмірний коефіцієнт.

У таблиці 1 наведено дані про параметри емпіричної залежності коефіцієнту молекулярної дифузії від температури (3) для досліджених видів харчової сировини.

Таблиця 1 – Параметри рівняння температурної залежності коефіцієнтів дифузії вільної і зв'язаної вологи в овочах

Сировина	Температура сушильного агента, °С	Вільна волога		Зв'язана волога	
		a_{m0} , м ² /з	n	a_{m0} , м ² /с	n
Морква	70...30	$7,79 \cdot 10^{-10}$	5,47	$3,52 \cdot 10^{-10}$	7,77
	130...60	$3,52 \cdot 10^{-10}$	7,77	-	-
Буряк	70...30	$9,34 \cdot 10^{-10}$	4,54	$3,62 \cdot 10^{-10}$	7,23
	130...160	$3,62 \cdot 10^{-10}$	7,23	-	-
Цибуля	70...120	$1,04 \cdot 10^{-10}$	6,41	$4,54 \cdot 10^{-11}$	8,77
	120...160	$4,54 \cdot 10^{-11}$	8,77	-	-

Аналіз кінетики сушіння овочів за високих температур дозволив знайти наступну залежність коефіцієнта конвекційної фільтраційної дифузії від температури сушильного агента

$$a_p(T_\infty) = a_{pk} \cdot \left[1 + A_p \left(\frac{T_\infty - T_k}{T_k} \right)^m \right], \quad (4)$$

де a_{pk} – коефіцієнт конвекційної фільтраційної дифузії вологи за температури $T_k=373$ К; A_p, m – безрозмірні емпіричні коефіцієнти.

Дана залежність справедлива при температурах сушильного агента в діапазоні 100...160 °С. Параметри рівняння (4) наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Параметри рівняння температурної залежності коефіцієнта конвекційної фільтраційної дифузії вологи в овочах

Сировина	$a_{pk}, \text{ м}^2/\text{с}$	A_p	m
Морква	$6,46 \cdot 10^{-5}$	0,67	0,61
Буряк	$5,17 \cdot 10^{-5}$	2,47	0,73
Цибуля	$8,06 \cdot 10^{-6}$	4,60	0,85

Загальною властивістю температурних залежностей коефіцієнта конвекційної фільтраційної дифузії є показник степеня $m < 1$. Відповідно до теорії фільтраційного переносу величина $a_p \sim \bar{R}^2$. Середній радіус капілярів \bar{R} росте зі збільшенням температури внаслідок позитивних деформацій, проте максимальна величина \bar{R} обмежена межею міцності капілярів на розрив, під дією надлишкового тиску. Очевидно, цим і можна пояснити спостережуваний характер залежності $a_p(T_\infty)$.

Доречно порівняти отримані дані з даними інших авторів. Так у довіднику А.С. Гінзбурга [1] наведено наступні дані: коефіцієнт дифузії вологи для моркви при $T=313$ К - $5,9 \cdot 10^{-10}$ м²/с. Відповідно до розрахунків за рівнянням (3) значення коефіцієнтів дифузії вільної і зв'язаної вологи за таких же температур дорівнюють для моркви $a_m^f = 11,2 \cdot 10^{-10}$ м²/с, $a_m^b = 5,88 \cdot 10^{-10}$ м²/с. Таким чином отримані нами значення коефіцієнтів дифузії збігаються за порядком величини з даними, що приводяться А.С. Гінзбургом. Відзначимо, що й характер температурної залежності коефіцієнтів дифузії відповідає наявним даним для деяких харчових матеріалів [1].

Висновки. За проведеним аналізом кінетики вологовмісту розраховано коефіцієнти масообміну харчової сировини у процесі сушіння. Виявлена відсутність різниці в кінетиці вільної й зв'язаної води при температурах понад 100° С, уперше отримано значення коефіцієнтів молекулярної дифузії та конвекційної фільтраційної дифузії води у широкому температурному діапазоні для низки овочів. Отримані результати дозволяють проводити розрахунки раціональних режимів сушіння харчової сировини, а також аналізувати їх вплив на структуру води та якість сушеної продукції.

Список літератури

1. Гинзбург, А. С. Массовлагодобменные характеристики пищевых продуктов [Текст] / А. С. Гинзбург, И. М. Савина. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 280 с.

2. Потапов, В. А. Гетерознергетическая модель тепломассопереноса в процессах сушки [Текст] / В. А. Потапов // Науковий вісник Полтавського Університету споживчої кооперації України. Сер., Технічні науки. – 2004. – Вип. 4, № 2(13). – С. 62–71.

3. Потапов, В. О. Методика визначення масообмінних характеристик харчової сировини на основі структурно-енергетичної моделі кінетики сушіння [Текст] / В. О. Потапов // Прогресивні техніки та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі : зб. наук. праць / ХДУХТ. – Х., 2006. – Вип. 1 – С. 318 – 327.

Отримано 30.09.2009. ХДУХТ, Харків.
© В.О. Потапов, І.С. Мартинець, 2009.

УДК 664.64.016.3:664.682/684

М.П. Головка, д-р техн. наук

І.С. Роговий, асп.

О.Г. Шидакова-Каменюка, канд. техн. наук

ВПЛИВ НАПІВФАБРИКАТУ КІСТКОВОГО ХАРЧОВОГО НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПІСОЧНОГО ПЕЧИВА

Досліджено зміни фізико-хімічних та органолептичних показників якості пісочного печива за умов різного дозування напівфабрикату кісткового харчового (НКХ). Визначено, що раціонально використовувати зазначену дозу в кількості 10% від загальної кількості сировини.