

УДК 637.3

Д.Ю. Лобур; О.І. Кравець, к.т.н.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ

D.Y. Lobur; O.I. Kravets Ph.D.

WAYS TO REDUCE THE ENERGY CONSUMPTION OF PROCESSES OF DRYING DISPERSED MATERIALS

Складність зниження енергоємності сушіння та його інтенсифікації обумовлюється тим, що незважаючи на значне поширення даний процес є найменш дослідженим, у зв'язку із труднощами з якими зіштовхуються вчені при створенні математичної моделі одночасного перенесення теплових потоків, сухих речовин та вологи.

Тому на даний час перед харчовою галуззю гостро стоїть завдання пошуку нових технологічних прийомів, що дозволять знизити питому енергоємність процесів сушіння

Під час сушіння відбуваються наступні фізичні явища: передача теплоти від теплоносія до матеріалу; рух вологи з центральних шарів матеріалу до поверхневих; випаровування вологи з поверхні матеріалу та дифузія її в навколишнє середовище [1].

У харчовій галузі використовують конвективні, контактні, терморадіаційні, діелектричні, акустичні та сублімаційні методи сушіння. Найбільш поширеним залишається конвективне сушіння. Проте із розвитком технологій створюються передумови для переходу від традиційного конвективного сушіння до більш ефективних комбінованих способів, які дозволяють підвищити продуктивність сушильних установок та знизити затрати енергії. Зокрема перспективним є поєднання конвективного сушіння із впливом на продукт різного роду електромагнітного випромінювання. Так в роботі [2] наводяться результати експериментів, які свідчать, що використання інфрачервоного випромінювання при конвективному сушінні зерна ячменю підвищує швидкість сушіння та значно знижує споживання енергії. А в роботі [3] досліджено можливість інтенсифікації конвекції при сушінні за рахунок так званого «Іонного вітру» - фізичного явища, при якому повітря приводиться в рух за допомогою електромагнітного поля. Достатньо дослідженим на даний час є спосіб інтенсифікації процесу сушіння шляхом застосування НВЧ полів [4-6].

Проте має місце певна обмеженість застосування електромагнітних полів в процесах сушіння, що пов'язана із труднощами організації безпечності даних процесів для обслуговуючого персоналу [3] та їх негативним впливом на сам оброблюваний продукт.

Крім наведених вище шляхів інтенсифікації процесу сушіння слід також відзначити наступні: сушіння перегрітою парою; підвищення турбулентності вільного потоку; застосування двофазного сушильного агента, коливання і вібрації, ультразвуку, електрокінетичних явищ, синергетичних ефектів та багатоступінчастого процесу сушіння [7].

Також інтенсифікація сушіння може передбачати збільшення площі поверхні контакту для теплопередачі й масообміну. Цього можна досягти, наприклад, при проходженні сушильного агента крізь шар висушуваного матеріалу. Зокрема цей ефект реалізується при фільтраційному сушінні [8].

Однак існуючі шляхи інтенсифікації сушіння за рахунок збільшення площі поверхні контакту обмежені розмірами дисперсних частинок матеріалу – площа поверхні контакту не може перевищувати сумарну площу усіх частинок матеріалу.

Тому перспективним напрямком є збільшення площі поверхні контакту фаз (матеріалу та сушильного агенту) для теплопередачі та масообміну [1-4].

Вказане збільшення площі поверхні контакту фаз забезпечується при компресійно-фільтраційному сушінні [11, 12]. Цей метод ґрунтується на тому, що деякі харчові маси мають пористу структуру та володіють пружно-пластичними властивостями. При дії навантаження на шар такої маси її частинки деформуються і, частка об'єму пор (пористість) зменшується. При припиненні дії навантаження частинки частково відновлюють свою попередню форму – їх пористість зростає [13, 14]. В результаті цього пори, релаксуючи, заповнюються оточуючим середовищем. Цей ефект використовується при сушінні шляхом створення умов, при яких матеріал піддається тимчасовому навантаженню, після зняття якого його пори заповнюються сушильним агентом.

Висновки. На даний час актуальними є шляхи зниження енергоємності процесів сушіння, які спрямовані на створення комбінованих способів на основі результатів досліджень закономірностей процесу та із врахуванням властивостей об'єкту сушіння. Зокрема перспективним напрямком є збільшення площі поверхні контакту фаз (матеріалу та сушильного агенту) для теплопередачі та масообміну.

Література

1. Марценюк О.С. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник / О.С. Марценюк, Л.М. Мельник – К. : НУХТ. – 2011. – 407 с.
2. T. M. Afzal, T. Abe, Y. Hikida. Energy and quality aspects during combined FIR-convection drying of barley. *Journal of Food Engineering*. 1999 Dec; 42(4):177-182.
3. A. Sumorek, W. Pietrzyk. Influence of corona wind on the convective drying course. *International Agrophysics*. 2001 Jan; 15:125-129.
4. D.Wray, H.S. Ramaswamy Novel Concepts in Microwave Drying of Foods. *Drying Technology*. 2015 Apr; 7(33):769-783.
5. M. Zhanga, J. Tangb, A. S. Mujumdar, S. Wangb. Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*. 2006 Oct; 10(17):524-534.
6. Малежик І.Ф. Дослідження процесу НВЧ-сушіння морквяних вичавок при одержанні каротиновмісного збагачувача / І.Ф. Малежик, О.С. Бессараб, Г.М. Бандуренко, Т.М. Левківська // Наукові праці ОНАХТ. – 2014. – №45. – С.51-55.
7. Сучасні тенденції розвитку наукових досліджень в сушильних технологіях / В. В. Шутюк, С. М. Василенко, О. С. Бессараб, В. П. Василів // Науковий вісник НУБіП України. – К., 2013. – №185, Ч. 1. – С. 278-287.
8. Матківська І. Я. Кінетика сушіння зерна пшениці фільтраційним методом / І. Я. Матківська, В. М. Атаманюк, І. Р. Барна // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ". – Харків : НТУ "ХПІ". – 2014. – № 17 (1060). – С. 130-138.
9. Шинкарик М. М. Комплексний підхід до оцінки якості технологічного процесу виробництва сиру кисломолочного неперервним способом / М. М. Шинкарик, О.І. Кравець, Паперняк Р.В.// 36. тез доп. XIV Міжнародної науково-практичної конференції Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем 23-24 травня 2024 р. м. Чернівці, 2024. С. 310-312.
10. Improvement of environmental sustainability of milk processing enterprises / Oleh Kravets, Mariia Shynkaryk, Viktor Kravets // *Scientific Journal of TNTU*. — Tern.: TNTU, 2024. — Vol 114. — No 2. — P. 111–118.

11. Кравець О.І., Шинкарик М.М. Компресійно-фільтраційне сушіння пружно-пластичних харчових мас. Збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток технічних наук: проблеми та рішення», м. Брно (Чеська Республіка), 2018. С. 56-59.
12. Кравець О.І. Особливості фільтраційно-компресійного сушіння харчових мас / О.І. Кравець, М.М. Шинкарик // матеріали Міжн. наук.-техн. конф. «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», 14-15 трав. 2020 р. Тернопіль : ТНТУ, 2020. С. 223.
13. Шинкарик М.М. Дослідження компресійно-фільтраційних характеристик білкової дисперсної фази / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – 2012. – №1(15). – С.476-484.
14. Кравець О.І. Дослідження компресійно-фільтраційних властивостей казеїну-сирцю / О.І. Кравець, М.М. Шинкарик, В.І. Кравець, М.А. Стадницький // Таврійський науковий вісник. Технічні науки. №4, 2024. С. 227-237
15. Сушильний комплекс для казеїну : пат. 157765 Україна : A23J 1/22, A23J 3/10. № u 2024 01978 ; заявл. 15.04.2024 ; опубл. 20.11.2024, Бюл. № 47/2024
16. Спосіб зневоднення казеїну: пат. на корисну модель 156196 Україна: МПК A23J1/22, A23J3/10. u202305280; заявл. 07.11.2023; опубл. 22.05.2024, Бюл. № 21/2024