

УДК 637.3

І. А. Савич, А. С. Кравчук, М. А. Стадницький, М. М. Шинкарик, канд. техн. наук, доцент, О. І. Кравець, канд. техн. наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ВІДТИСКУ ТА СУШІННЯ КАЗЕЇНУ

**I. A. Savych, A. S. Kravchuk, M. A. Stadnytskyi, M. M. Shynkaryk, Assoc. Prof.,
O. I. Kravets, Ph.D., Assoc. Prof.**

INCREASING THE EFFICIENCY OF PRESSING AND CASEIN DRYING PROCESSES

Аналіз сучасного стану харчової промисловості свідчить, що значна частка енерговитрат у виробництві харчових продуктів припадає на процеси зневоднення, передусім сушіння. Даний процес є багатостадійним і супроводжується комплексом тепломасообмінних явищ: передачею теплоти від теплоносія до поверхні матеріалу за рахунок конвекції, теплопровідності та променистого теплообміну; виникненням градієнта температури та вологовмісту у товщі матеріалу; міграцією вологи під дією капілярних сил, осмотичних градієнтів і різниці парціальних тисків; фазовим переходом вологи в пароподібний стан на поверхні та її подальшою дифузією в навколишнє середовище.

Найбільш розповсюдженим технологічним обладнанням для виробництва казеїну є шнекові преси типу ПШ-150, ПШ-300, призначені для відокремлення сироватки, а також сушильні установки з псевдозрідженим шаром типу ВС-150, ВС-300. Застосування зазначеного обладнання забезпечує отримання продукту високої якості, проте супроводжується значними енергетичними витратами. На виході з пресового обладнання казеїнова маса характеризується вологістю близько 60% та температурою 15–20 °С, що обумовлено її охолодженням промивною водою. У такому стані напівфабрикат подається до сушильної камери.

У сушарці повітряний агент, нагрітий до температури ≈ 120 °С, подається крізь перфороване газорозподільне дно, формуючи псевдозріджений (киплячий) шар, у якому забезпечується інтенсивний тепломасообмін та видалення вологи з казеїну.

Механізм видалення вологи визначається формою її зв'язку з матеріалом. Вільна волога вилучається відносно легко завдяки дії сили тяжіння чи самопресування, що відповідає фільтраційному механізму. Для десорбції капілярної вологи необхідно створювати надлишковий тиск або застосовувати зовнішні енергетичні впливи, зокрема термічну чи вакуумну обробку, що реалізується через капілярно-пористий механізм сушіння. Гідратаційна волога характеризується високим рівнем термодинамічної зв'язаності з колоїдними структурами матеріалу і практично не видаляється в стандартних умовах.

Окремі харчові дисперсні системи, зокрема казеїн або сирне зерно, мають розвинену пористу структуру та характеризуються пружно-деформаційними властивостями. Під дією зовнішнього навантаження відбувається деформація частинок із зменшенням питомої пористості та об'ємного коефіцієнта фільтрації. Після зняття навантаження спостерігається часткове відновлення структури та релаксація напружень, унаслідок чого поровий простір знову заповнюється газоподібним середовищем. Це безпосередньо впливає на кінетику сушіння, визначаючи швидкість переміщення вологи та характер градієнтів парціального тиску водяної пари.

Зазначений ефект може бути використаний у процесах відтиску та сушіння. Зокрема, за умови періодичного прикладання зовнішнього навантаження до матеріалу та подальшого його зняття відбувається заповнення порового простору сушильним

агентом. Виходячи з цього, доцільним видається поєднання процесу фільтрації сушильного агента крізь шар матеріалу з циклічною деформацією останнього.

У контексті технологічного процесу виробництва казеїну видається перспективним поєднання процесу відтиску, який на сьогодні відбувається у шнекових пресах із процесом сушіння. Досягти цього можна в результаті створення апарату, в якому стадії відтиску змінювалися б стадіями сушіння. При цьому при переході від стадії відтиску до сушіння релаксуючі частинки казеїну поглинати будуть сушильний агент, а на наступній стадії відтиску – віддаватимуть відпрацьований сушильний агент із внутрішніх пор свого об'єму. Періодичне потрапляння сушильного агенту у внутрішні пори частинок казеїну суттєво інтенсифікує процес тепло-масообміну між сушильним агентом та казеїном.

Поєднання процесів відтиску та сушіння казеїну дозволить значно підвищити ефективність даних процесів

Література

1. Марценюк О.С. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник / О.С. Марценюк, Л.М. Мельник – К. : НУХТ. – 2011. – 407 с.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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
7. 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
8. 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
9. Лобур Д.Ю. Шляхи зниження енергоємності процесів сушіння дисперсних матеріалів / Д.Ю. Лобур, О.І. Кравець // зб. тез доп. XIII Міжн. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 11-12 грудня 2024 р. Тернопіль : ТНТУ, 2024. С. 335-336.
10. Piddubnyi, V., Stadnyk, I., Kravets, O., Chahaida, A., Hushtan, T., Kahanets-Havrylko, L., Karpovych, I., Tupitska, O., Kostiuik, T., & Rozbytska, T. (2023). Characteristics of mucous-forming polysaccharides extracted from flax seeds. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 2023. Vol. 17, P. 677–693.