

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РОЗРОБКИ СУШИЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ

Ощипок І.М., д-р техн. наук, проф.
Львівський торговельно-економічний університет

У багатьох галузях харчової промисловості й сільського господарства часто виникає необхідність зниження вологості різних продуктів і матеріалів. Під час використання сушильних технологій важливою умовою є дотримання ряду техніко-економічних параметрів, таких як мінімально можлива енергоємність процесу, максимальна однорідність сушіння, мінімальний час виходу на задану вологість і деякі інші характеристики видалення вологи. Ці параметри можуть бути забезпечені розумним підходом до вибору найбільш придатних до конкретних умов базових фізичних процесів, які приводять до висушування продуктів, відповідно до обраної технології сушіння і, нарешті, за рахунок створення устаткування, на якому зазначені процеси і технології можуть бути реалізовані.

На цей час існує досить велика кількість різних методів сушіння продуктів рослинного і тваринного походження та відповідних їм конструкцій сушильного обладнання. Створюючи останні, необхідно дотримуватися певних вимог. Перш за все конструкція обладнання повинна забезпечувати рівномірне нагрівання і сушіння продукту з надійним контролем його температури і вологості. Крім того, сушильне устаткування повинно мати якомога меншу металоємність.

Швидкість випаровування (маса випареної за одиницю часу вологи) $\frac{d\vartheta}{dt}$ з поверхні продукту залежить від співвідношення парціального тиску пари в навколишньому середовищі h , парціального тиску насиченої пари в приграничному шарі продукту H і загального барометричного тиску B . Отже, запишемо:

$$\frac{1}{\alpha} \cdot \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{H - h}{B},$$

де α – коефіцієнт випаровування, обумовлений в'язкістю та іншими параметрами повітря.

За невисоких температур швидкість сушіння мала. За температур близько 80...90 °С ще не відбуваються важливі хімічні зміни в продукті, величина $H-h$ у виразі багаторазово збільшується порівняно з кімнатною температурою, процес іде ефективно від вологості близько 400–800% (вологість тут задається як відношення маси вологи в продукті до маси його сухого залишку) до приблизно

100–150%. Потім швидкість сушильного процесу різко зменшується, а його енергоємність настільки ж стрімко зростає. Фізично це обумовлено різким погіршенням тепло- і масообміну в продуктах у міру їх висихання. У результаті інтенсивний контакт теплоносія з поверхнею продукту не приводить до помітного розігріву внутрішніх шарів продукту. Його невикористана енергія через теплоізоляцію сушильного обладнання та канали для відведення випаровуваної вологи витрачається в навколишнє середовище.

За рахунок фінішної ділянки сушильного процесу ($150\% > \theta > \theta_0$, де θ_0 – кондиційна вологість висушеного продукту) енергоємність конвективного сушіння R для більшості типів сушильного обладнання становить 0,7–1,1 Вт/кг за випареною вологою (фізичною межею мінімальної енергоємності сушильного процесу). За нормального барометричного тиску величина $R = 0,2$ Вт/кг – кількість енергії, необхідної для розігріву від 20 °С до 100 °С і випаровування 1 кг води. В установках, що використовують конвекційний метод сушіння, є, як правило, ще один досить важливий недолік: для отримання теплоти використовується пара, рідке і газоподібне паливо, що не дозволяє зробити виробництво екологічно чистим.

Значні перспективи в цьому плані має використання мікрохвильового й ІЧ-сушіння, зважаючи на низку важливих відмінностей від класичних методів нагрівання. По-перше, не потрібен теплоносіє, що може спричинити забруднення оброблюваного матеріалу; відсутні вибухонебезпечні концентрації й втрати матеріалу внаслідок виносу речовини. По-друге, матеріал не перегрівається поблизу теплопередавальних стінок: тепловиділення відбувається в об'ємі матеріалу, його температура вища, ніж температура стінок апарата. По-третє, оптимальними конструкційними матеріалами є фторопласт, кварцове скло тощо, які забезпечують високу стерильність процесу, але ускладнюють підведення теплоти звичайними методами. По-четверте, інтенсивність нагрівання не залежить від агрегатного стану матеріалу – тільки від його оптичних, діелектричних властивостей і напруженості НВЧ-поля. Очевидно, що конструкції сучасних сушарок, які забезпечують високу якість кінцевого продукту, повинні мати за основу інші фізичні процеси зневоднення, хід яких не так сильно пов'язаний зі змінними під час сушіння властивостями продуктів (у першу чергу, з їх тепло- і масопровідністю). Отже, сучасне сушильне устаткування повинно бути універсальним відносно можливості сушіння різних матеріалів. Загальний принцип роботи установок конвективного сушіння забезпечується ефективним продуванням шару продукту підігрітим повітрям або іншим теплоносієм з обов'язковим дотриманням екологічних вимог.