

1, 2 – розрахункові криві при різних вологостях і вмісті шкірочки, насіння, залишків гребенів; 3 – експериментальна залежність; I, II, III – зони важкого, нормального і полегшеного режимів пресування.

Рис. 3 – Залежність вологості вичавок відсусловмісту

Залишковий сусловміст вичавок є інтегральною оцінкою процесу вилучення соку із сировини. За цим показником не можна судити про раціональність режиму відділення соку на окремих ділянках робочого каналу. Аналіз роботи окремих ділянок робочого каналу і нормування в робочому обсязі питомої потужності процесу відповідно до мінімальних величин, необхідних для руйнування сокомістких клітин, є головним напрямом підвищення якості соку і збільшення продуктивності пресів.

При зменшенні інтенсивності енергетичної дії на м'язгу при пресуванні у шнековому пресі можна підвищити вихід до 80 дал/т, що значно підвищує ефективність роботи і дає великий економічний ефект.

Література

- Іваненко А.В., Тенюх К.М. Виноград – вино та інші перетворення. – Одеса: Астропрінт, 2007. – 808с.

УДК 664.8.047

ВИБІР РЕЖИМІВ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНІ

Снєжкін Ю.Ф., д-р. техн. наук, професор, чл.-кор. НАН України

Шапар Р.О., канд.техн. наук, ст. наук. співр.

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Узагальнені закономірності тепломасообміну під час сушіння рослинних матеріалів, встановлені оптимальні режими з метою інтенсифікації процесу та розробки енергозбережної технології їхньої переробки.

Heat-mass exchange conformities were generalized at drying of vegetable stuff. The optimum modes were determined for the purpose of process intensification and development of energy saving technology of their conversion.

Ключові слова: термолабільність, багатостадійні режими зневоднення, вологообмін, інтенсифікація процесу, енергетичні витрати.

Вступ

Зниження енергоємності процесів сушіння має першочергове значення в технологічному процесі виробництва сушених продуктів із рослинних матеріалів. Існує ряд методів зниження енергетичних витрат процесу: від вибору способу зневоднювання до встановлення раціональних тепловологих режимів, що призводять до інтенсифікації процесу та створення енергоефективного обладнання. При зневоднюванні

рослинних матеріалів, що мають складну колоїдну капілярно-пористу структуру, завдання ускладнюється термолабільністю об'єктів сушіння і прагненням до максимального ступеня збереження їх природних складників.

Огляд обладнання для сушіння рослинної сировини показує, що існує значна кількість сушильних установок, які відрізняються за продуктивністю, способом підведення теплоти до матеріалу (конвективний чи кондуктивний або поєднанням обох способів), станом матеріалу (у вигляді пасті, рідини чи зерен або шматочків нарізаного матеріалу), станом шару матеріалу в сушарці (щільний шар або псеводозріджений). Серед конвективних сушильних установок домінують камерні сушильні установки, потім стрічкові, тунельні, вакуумні і барабанні, а їхня продуктивність (рис. 1) коливається в широкому діапазоні від 0,06 до 5 т/годину, і вибір типу сушильного обладнання залежить від обраної схеми технологічного процесу, об'єму сировини та матеріальних можливостей.

Результати дослідження

Результатами експериментальних досліджень доведено, що інтенсифікації процесу сушіння передує раціонально обґрунтовані способи підготовки матеріалу до переробки – зниження початкової вологості зневоднюваного матеріалу, збільшення поверхні випаровування, гігротермічна обробка паренхімних тканин сировини. Комбінацією наведених прийомів досягається інтенсифікація процесу сушіння і скорочення його тривалості від 20 до 30 % [1]. Основним параметром, що визначає інтенсивність процесу сушіння, є температура сушильного агента. Збільшення її величини призводить до зростання інтенсивності процесу видалення вологи і скорочення енергетичних витрат сушіння. Отже, з теплотехнічної точки зору для інтенсифікації зневоднювання температуру сушильного агента маємо збільшувати, а, враховуючи особливості рослинних матеріалів, зростання температури обмежене термолабільністю зневоднювальних матеріалів. На підставі результатів експериментальних досліджень відповідно до закономірностей тепломасопереносу при сушінні, розроблені багатостадійні режими зневоднення рослинних матеріалів з урахуванням їх природних властивостей, гранично допустимої температури. Один із прикладів ступіневого зневоднення у вигляді кривих кінетики і швидкості сушіння наведено на рис. 2. Порівняльний аналіз кривих кінетики зневоднення в межах зазначеного діапазону параметрів процесу показує збільшення швидкості вологовіддачі на початковій стадії від 3,3 %/хв при одностадійному режимі до 5,4 %/хв у режимі двостадійного зневоднення, скорочення тривалості – до 20 %. Підвищення температури сушильного агента вище $t = 120^{\circ}\text{C}$ призводить до зростання температури збезводнювального матеріалу за допустиму межу, а зменшення – знижує інтенсивність процесу. В міру зниження вологості матеріалу сповільнюється підведення вологи з глибини на поверхню і температура матеріалу різко піднімається, наближаючись до критичної. Для запобігання цьому температуру сушильного агента на другому етапі процесу знижують (крива 3). Сушінням у такий спосіб досягається інтенсифікація процесу, скорочення часу теплового впливу на зневоднювальний матеріал.

Встановлено, що для сушіння рослинної сировини за багатостадійними режимами доцільно використовувати тунельні зонні сушильні установки, які укомплектовані в технологічні лінії. Конструкція таких установок дозволяє розподілити інтенсивність теплового впливу на матеріал залежно від його вологості та часу перебування в тій чи

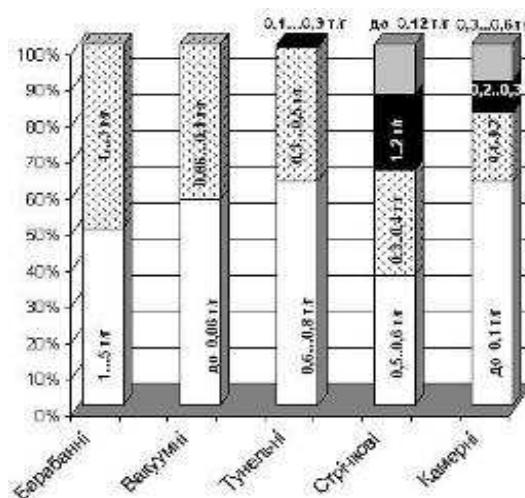
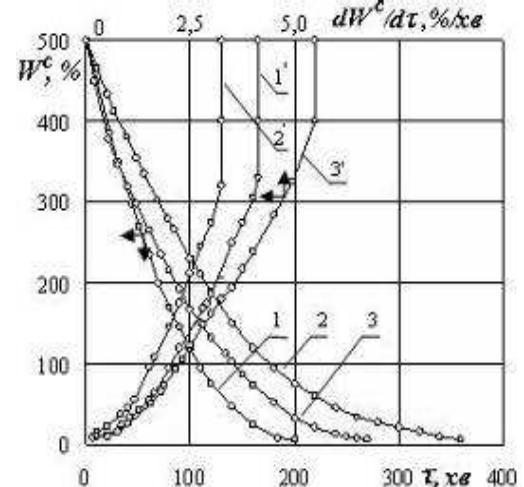


Рис. 1 – Продуктивність сушильних установок



$$V = 1 \text{ м}/\text{с}; d = 10 \text{ г}/\text{кг сухого повітря}; \\ q = 14 \text{ кг}/\text{м}^2; \delta = 10 \cdot 10 \cdot 10 \text{ мм}; \\ 1, 1' - t = 100^{\circ}\text{C}; 2, 2' - t = 80^{\circ}\text{C}; \\ 3, 3' - t = 120 \dots 80^{\circ}\text{C}$$

Рис. 2 – Криві кінетики сушіння яблук

іншій зоні, а також автоматично підтримувати певний тепловологий режим у кожній зоні для конкретної сировини, що забезпечує високу якість сушених продуктів та заощадження енерговитрат при сушенні до 20 %. Наявність зони охолодження дає змогу здійснювати детермопластифікацію висушених матеріалів. Насамперед, це вкрай необхідно для уникнення термопластичності сахаромісних сушених продуктів та забезпечення якісної роботи обладнання для проведення процесів диспергування і фракціонування в разі одержання порошкоподібної продукції.

На особливу увагу заслуговує ефиролійна та пряноароматична сировина (меліса, чабер та аніс садові, м'ята, кріп, петрушка тощо), термолабільність якої обумовлена наявністю в її складі ефірної олії. При сушенні такої сировини необхідно використовувати такі тепловологі режими та обладнання, що дозволяють максимально зберегти пряноароматичній ефірні складники та значну частину біологічно активних і харчових властивостей сировини.

Експериментально встановлено, що сушіння вказаних рослинних матеріалів необхідно здійснювати в режимі низькотемпературного зневоднення, оскільки при високих температурах сушильного агента спостерігається втрата ефірної олії через її високу летучість. Результати експериментальних досліджень процесу зневоднення на прикладі м'яти перцевої, яка традиційно використовується як сировина для одержання ефірної олії, наведені на рис. 3. Листя м'яти перцевої містять (2,7...3,0) % ефірної олії, яка переважно представлена ментолом (вільним і у вигляді складних ефірів оцтової і валерінової кислот), флавоноїди, каротиноїди, органічні кислоти, дубильні речовини й мікроелементи.

Із наведених кривих вологообміну видно, що в режимі сушильного агента 40 °C м'ята зневоднюється до низької залишкової вологості за 10,5 години. Підвищення температури теплоносія до 60 °C скорочує час сушіння до 3 годин, а в режимі 80 °C весь процес триває 75 хв, але відбувається потенційній втрати і погіршується її смакові властивості.

Сумісний аналіз органолептичних показників і числа аромату висушеної сировини показує, що підвищення температури теплоносія від 40 до 60 °C призводить до втрати ароматичних речовин м'яти на 20 %, подальше підвищення температури сушильного агента до 80 °C призводить до ще більших втрат – 50 % і є неприпустимим.

Експериментальні криві сушіння були узагальнені в координатах $W^c - N\tau$, визначено відносні коефіцієнти сушіння, одержано розрахункову залежність для визначення тривалості процесу сушіння м'яти [2]:

$$\tau = \frac{1}{N} \left(W^c_n - W^c_{kp1} + \frac{1}{\chi_2} \lg \frac{W^c_{kp1}}{W^c_{kp2}} + \frac{1}{\chi_3} \lg \frac{W^c_{kp2}}{W^c_k} \right) \quad (1)$$

де W^c_n , W^c_k – початковий і кінцевий вологовміст, %;

W^c_{kp1} , W^c_{kp2} – значення критичних вологовмістів, %;

χ_2 , χ_3 – відносні коефіцієнти сушіння;

N – швидкість сушіння, %/хв; τ – час, хв;

$$\tau = \frac{1956}{N} \quad (2)$$

Отже, на підставі проведених експериментальних досліджень кінетики сушіння рекомендовані низькотемпературні одностадійні режими з температурою сушильного агента (45...55) °C, або двоступеневі, коли на першій стадії температура теплоносія має бути (65...55) °C, а при вологості матеріалу (30...40) % знижується до (50...40) °C. Зазначені теплові режими сушіння ефіроолійної та пряноароматичної сировини сприяють розщепленню глюкозидів і підвищенню виходу ефірної олії на подальших етапах технологічного процесу.

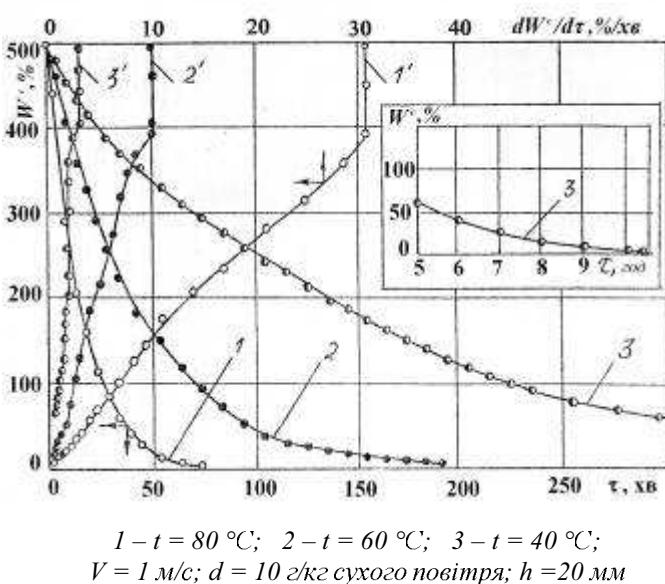


Рис. 3 – Вплив температури теплоносія на кінетику сушіння м'яти

Для сушіння ефіроолійної та пряноароматичної сировини можна використовувати тунельні конвективні сушильні установки, єдиною вимогою є чітка підтримка розроблених режимів сушіння.

Для сушіння такої сировини поряд з тунельними сушильними установками, що працюють на традиційних видах палива, запропоновано ряд низькотемпературних сушильних установок, розроблених Інститутом:

- камерного типу з використанням відновлюваних джерел енергії;
- конденсаційні сушильні установки з використанням парокомпресійного теплового насосу;
- сорбційні сушильні установки з використанням вторинних та відновлюваних джерел енергії.

Витрати енергії при використанні такого сушильного обладнання до 1,5 разів нижчі в порівнянні з існуючими вітчизняними камерними сушильними установками [3,4].

Висновки

На підставі узагальнення закономірностей вологообміну при зневодненні рослинної сировини, встановлені і рекомендовані оптимальні режими проведення процесу в залежності від виду матеріалу, розроблені технології і запропоновані сушильні установки, що забезпечують високу якість сушених матеріалів.

Література

1. Снєжкин Ю.Ф. Аналіз факторов повышения эффективности процесса сушки термолабильных материалов / Ю.Ф Снєжкин, Р.А. Шапарь // Промышленная теплотехника. – 2009.– Т. 31.– № 7.– С. 110-112.
2. Красников В.В. Кондуктивная сушка. – М.: Энергия, 1973.– 288 с.
3. Снєжкин Ю.Ф. Комплексное использование геотермальной энергии в агропромышленном секторе / Ю.Ф. Снєжкин, Д.М. Чалаев, В.С. Шаврин, Р.А. Шапарь // Відновлювана енергетика.– 2007.– № 1.– С. 68–70.
4. Снєжкин Ю.Ф. Пути интенсификации процессов сушки / Ю.Ф. Снєжкин // Промышленная теплотехника.– 2009.– Т. 31, № 7.– С. 89.

УДК 66.047

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕПЛОВОЛОГОПЕРЕНОСУ ПРИ СУШІННІ КРАПЕЛЬ СТРУКТУРОВАНИХ РОСЛИННИХ СИСТЕМ

Турчина Т.Я., науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, м. Київ

Подано теоретичний аналіз тепломасопереносу при сушінні крапель структурованих систем рослинних харчових матеріалів.

Theoretical analysis of heat moisture transfer during drying of structured system vegetable food materials droplets are represented.

Ключові слова: тепловологоперенос, структурована система, кірка, дифузійний опір, час сушіння.

Короткоснє перебування частинок мікронних розмірів у розпиловальній сушильній установці та нестационарність процесів в об'ємі камери, обумовлена зміненням параметрів зовнішнього тепломасообміну, робить експериментальні дослідження кінетики тепловологопереносу та структуроутворення в середині окремої краплі проблематичним, як і відтворення всіх цих чинників в умовах лабораторних стендів.

Матеріали з рослинної сировини: солодові екстракти та фруктово-овочеві шоре, досліджені в даній роботі, являють собою багатокомпонентні колоїдні та колоїдні капілярно-пористі матеріали, що містять біополімери – розчини високомолекулярних сполук. Для таких матеріалів характерний особливий стан зв'язаної вологи. Структура висушених частинок гетерогенних систем, що містять високомолекулярні сполуки, залежить від гнучкості ланцюга біополімерів та особливостей багатокомпонентної системи. Тому строгий аналіз кінетики сушіння та розробка математичної моделі має враховувати особливості фізико-хімічних характеристик продукту і взаємодії між різними його елементами.

За термограмами сушіння крапель досліджених матеріалів, процес відбувається за умов відсутності періоду постійної швидкості сушіння (до кр.1 при температурі краплі, близькій до температури мокрого термометра $T_k=T_{m.t}$) при монотонному збільшенні температури краплі практично зразу за стадією прогрівання краплі і до другої критичної крапки (кр. 2), коли $T_k \approx 100^{\circ}\text{C}$. Це пов'язано із зменшенням потенціалу масопереносу на поверхні краплі – $\rho_s(u) - \rho_\infty$ [1], а внаслідок залежності густини водяної пари на поверхні кірки ρ_s від поточного вологовмісту u_k температура на поверхні краплі за умов заглиблення зони випаровування за певний проміжок часу може досягати значення $T_k=T_{kпп} \approx 100^{\circ}\text{C}$.