**Потапов Володимир Олексійович. Наукові основи аналізу та керування кінетикою сушіння харчової сировини : Дис... д-ра наук: 05.18.12 – 2007**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Потапов В.О. Наукові основи аналізу та керування кінетикою сушіння харчової сировини. Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2007.  Дисертацію присвячено розробці наукових методів аналізу та керування кінетикою сушіння харчової сировини з метою зниження енерговитрат і підвищення якості готової продукції. В основу покладено наукову концепцію про визначальний вплив структури вологи в харчовій сировині на сполучені процеси перенесення маси, енергії та імпульсу, кінетика яких зумовлює існування та вибір раціональних технологій сушіння та способів їхньої апаратної реалізації. Теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено ефект динамічного структурування вологи, що полягає в зміні кількісного співвідношення між вільною та зв'язаною вологою.  Запропоновано класифікацію харчової сировини як об'єкта сушіння за структурно-енергетичним параметром, що являє собою відношення середніх витрат енергії на видалення зв'язаної вологи до витрат на видалення вільної вологи та враховує особливості капілярної структури сировини.  Отримано систему диференціальних рівнянь кінетики сполучених процесів перенесення маси, енергії та імпульсу, яка враховує структурно-енергетичну та реологічну модель харчової сировини.  Розроблено концепцію оптимального керування кінетикою сушіння харчової сировини, яка полягає у виборі алгоритму зміни параметрів сушильного агента, що забезпечує мінімізацію однієї з трьох цільових функцій: обмеження за втратами біологічно активних речовин, обмеження за максимальними механічними напруженнями, обмеження за енерговитратами. Наведено приклади раціональних режимів сушіння окремих видів харчової сировини для низькоінтенсивних і високоінтенсивних способів сушіння, які забезпечують зниження енерговитрат на 10...40% і зменшення втрат вітамінного складу на 10...30%. | |
| |  | | --- | | 1. Аналізом літературних джерел встановлено, що актуальною проблемою є пошук нових методів вирішення комплексу задач теорії сполучених явищ перенесення, які дозволяють оптимізувати процес сушіння за енерговитратами, прогнозувати якість продукції та знизити собівартість процесу розробки нових технологій і устаткування. Відсутність єдиної фізичної моделі харчової сировини для статики, динаміки та кінетики сушіння є науковою суттю зазначеної проблеми. Показано, що основою такої моделі може бути найбільш характерна структурна особливість колоїдних капілярно-пористих тіл наявність двох істотно різних структур вологи вільної та зв'язаної. 2. Показано, що у межах молекулярно-кінетичних уявлень вологу в гетерогенних системах можна розглядати як систему слабко взаємодіючих частинок, що перебувають у полі сил Ван-дер-Ваальса. При цьому молекулярно-кінетична границя поділу молекул на “вільні” і “зв'язані” визначається із рівності їх потенційної та кінетичної енергії, а їх кількісне співвідношення обчислюється за розподілом Максвела-Больцмана. 3. Розроблено молекулярно-кінетичну модель процесів сорбції-десорбції вологи, на основі якої виведено рівняння ізотерм колоїдного капілярно-пористого тіла, що враховує структури вологи, її енергію зв'язку та диференціальну функцію розподілу капілярів за радіусами. Експериментальною перевіркою підтверджено адекватність моделі, що описує експериментальні ізотерми з похибкою 4...8%. Запропоновано класифікацію харчової сировини як об'єкта сушіння за структурно-енергетичним параметром, що являє собою відношення середніх витрат енергії на видалення зв'язаної вологи до витрат на видалення вільної вологи та враховує особливості капілярно-пористої структури сировини. 4. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено ефект динамічного структурування вологи, що полягає у зміні кількісного співвідношення між вільною і зв'язаною вологою, яку викликають сполучені процеси перенесення. Показано, що зсідання та зниження температури сировини призводить до збільшення частини зв'язаної вологи, а набрякання та збільшення температури до зростання частини вільної вологи. Запроваджено коефіцієнт динамічного структурування вологи, який вказує на відносну кількість молекул, що змінюють свій енергетичний стан в одиницю часу. 5. Розроблено підхід до складання системи диференціальних рівнянь кінетики сполучених процесів перенесення, заснований на законі збереження фізичної субстанції в інтегральній формі, принципі суперпозиції для експериментально значимих потоків і феноменологічних співвідношень між густиною потоку та потенціалом перенесення. Отримано систему диференціальних рівнянь кінетики сполучених процесів перенесення маси, енергії та імпульсу для колоїдного капілярно-пористого тіла, засновану на гетероенергетичній моделі структури вологи та реологічній моделі пружно-в’язкого тіла. Знайдено її аналітичне рішення та отримано рівняння для визначення кінетики вільної, зв'язаної вологи, температури, деформації та механічних напружень, тиску парогазової суміші. 6. Експериментальною перевіркою підтверджено адекватність рівнянь, що описують кінетику сполучених явищ перенесення в процесі сушіння харчової сировини з похибкою 5...10%. На підставі аналізу експериментальних даних отримано аналітичні залежності, що пов'язують коефіцієнти перенесення маси, енергії, імпульсу, тепломасообмінні, структурно-механічні характеристики харчової сировини та параметри сушильного агента, що дозволяє аналізувати та керувати кінетикою сушіння . 7. Розроблено концепцію оптимального керування кінетикою сушіння харчової сировини, що полягає у виборі параметрів сушильного агента, які забезпечують мінімізацію однієї з трьох цільових функцій: обмеження за втратами біологічно активних речовин, обмеження за максимальними механічними напруженнями, обмеження за енерговитратами. Отримано аналітичні рівняння, що дозволяють розраховувати змінювання концентрації біологічно активних речовин за відомою кінетикою тепло-масообмінних процесів. Визначено оптимальні багатоступеневі режими для низькоінтенсивних та високоінтенсивних способів сушіння харчової сировини. 8. Розроблено методики, що підвищують точність інженерних розрахунків під час проектування сушильного устаткування: теплового розрахунку сушильних установок, яка враховує кінетику вільної та зв'язаної вологи; гідродинамічного розрахунку, яка враховує розподіл швидкостей потоку в об’ємі сушарки. 9. Створено комплекс програмного забезпечення для обробки експериментальних даних ізотерм сорбції-десорбції, кінетики вологовмісту, температури, тиску, деформації в процесі сушіння, автоматизації розрахунку матеріального балансу сушильних установок на основі електронної I-d діаграми, автоматизації теплового та гідродинамічного розрахунків конвективних сушильних установок різних типів. 10. Розроблено конструкції високоефективного устаткування для сушіння, копчення та гідротермічної обробки харчової сировини. Створено та випробувано дослідно-промислові зразки цього устаткування та розпочато їх серійне виробництво на машинобудівних підприємствах. Здійснено заходи щодо упровадження раціональних режимів сушіння у вигляді нормативно-технічної документації на нові види сушеної продукції. Проведено апробацію виконаних досліджень на науково-практичних конференціях, промислових підприємствах, виставках-ярмарках. 11. Показано, що економічний ефект від впровадження оптимальних за енергозбереженням режимів сушіння складає 31,7 тис. грн для лінії з виробництва макаронних виробів продуктивністю 160 кг/год. Під час сушіння овочів за раціональними режимами втрати вітамінів знижуються на 20…30% у високоінтенсивних способах сушіння та на 5…10% у низькоінтенсивних порівняно з традиційними режимами сушіння. | |