

RESEARCH OF SPRAY DRYING OF PROTEIN-MINERAL EXTRACT

N. Sharkova, T. Turchina, G. Dekusha, M. Kozak

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine

Key words:

*Spray drying
Protein-mineral
concentrate
Temperature regimes
Powder
Drying kinetics*

Article history:

Received 13.01.2016
Received in revised form
29.01.2016
Accepted 16.02.2016

Corresponding author:

N. Sharkova
E-mail:
npnft@ukr.net

ABSTRACT

The kinetics of drying single drops of protein-mineral extract from the musculoskeletal system of “poultry — chicken legs” was investigated. The process of spray drying of the product under different temperature regimes at pilot spray dryer with a diameter of 1.3 m and productivity of 10 kg/hr by evaporation was studied. The rational technological parameters of concentrate producing in dry form by spraying are proposed, which provide improved drying conditions of the product and reduce its drying time by 25%. Microstructural analysis of the obtained protein-mineral concentrate in dry form was conducted and its structural and mechanical characteristics were identified.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО СУШІННЯ БІЛКОВО-МІНЕРАЛЬНОГО ЕКСТРАКТУ

Н.О. Шаркова, Т.Я. Турчина, Г.В. Декуша, М.М. Козак

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

У статті досліджено кінетику сушіння одиничних крапель білково-мінерального екстракту з опорного апарата птиць — курячих лап. Досліджено процес розпилювального сушіння продукту при різних температурних режимах на експериментальній розпилювальній сушарці діаметром 1,3 м продуктивністю 10 кг/год по випареній волозі. Визначено раціональні теплотехнологічні параметри отримання сухої форми концентрату методом розпилювання, які забезпечують покращення умов висушування продукту і скорочення часу його сушіння на 25 %. Проведено мікроструктурний аналіз і визначено структурно-механічні характеристики отриманої партії сухої форми білково-мінерального екстракту.

Ключові слова: розпилювальне сушіння, білково-мінеральний концентрат, температурні режими, порошок, кінетика сушіння.

Постановка проблеми. За даними Державного комітету статистики України станом на 1 січня 2015 року чисельність поголів'я сільськогосподарської птиці на підприємствах України склала 218 млн голів, де вторинні продукти

переробки птиці складають до 20 %. Серед них натуральним багатим джерелом білка колагену та кальцію є курячі лапи, тому переробка курячих лап на харчові цілі у вигляді білково-мінеральних добавок для харчування людей із різними захворюваннями кісток є актуальним і раціональним завданням [1—4].

Проведений комплекс досліджень процесів диспергування і гомогенізації колаген-кісткової вторинної сировини з опорного апарата птиць та подальшої її екстракції дозволив за рахунок поєднання біотехнологічних прийомів і ДІВЕ-обробки вихідного матеріалу отримати цінний природний білково-мінеральний екстракт, в який перейшло до 90 % кальцію і 80 % білка-колагену. Для збільшення терміну зберігання такого цінного продукту його доцільно отримувати в сухій формі [5].

Мета дослідження. Визначити характер та кінетику сушіння краплі багатокомпонентного водного розчину білково-мінерального екстракту і на основі отриманих результатів встановити раціональні теплотехнологічні параметри процесу розпилювального сушіння.

Виклад основних результатів дослідження. Дослідження кінетики сушіння одиничних крапель розчину білково-мінерального екстракту проводились у системі «крапля-парогазове середовище» на експериментальному стенді в потоці теплоносія, швидкість якого складала 0,5 м/с. Модельні краплі розчину білково-мінерального екстракту розміром $\sim 1,5$ мм навішувались на спай термопари і висувувались у потоці теплоносія при температурах 140, 160 та 180 °С. Запис зміни температури крапель, що здійснювався в автоматичному режимі, дозволив отримати термограми процесу сушіння (рис. 1). За експериментальними даними, отриманими після спеціальної обробки термограм, були розраховані залежності відносної тривалості сушіння крапель від температури теплоносія: у періоді постійної швидкості сушіння $\tau_{кр.1}/\tau_{зар} = f(T_n)$, у стадіях кіркуттворення $\tau_{кр.1-2}/\tau_{зар} = f(T_n)$, кипіння $\tau_{кр.2-3}/\tau_{зар} = f(T_n)$ та досушування $\tau_r/\tau_{зар} = f(T_n)$, загального часу сушіння $\tau_{зар} = f(T_n)$, а також швидкості прогрівання крапель екстракту на різних стадіях процесу зневоднення $dT/d\tau = f(T_n)$ (рис. 2) [6—7].

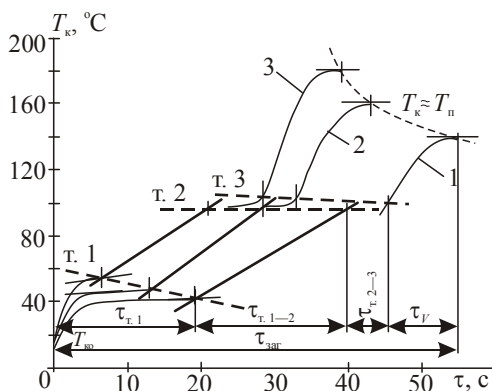


Рис. 1. Термограми сушіння крапель білково-мінерального екстракту при температурі повітря: 1 — 140 °С; 2 — 160 °С; 3 — 180 °С

Аналіз термограм сушіння крапель білково-мінерального екстракту (рис. 1) показав, що підвищення температурних режимів сушіння впливає на характер

кінетичних кривих і тривалість окремих стадій. Сам процес сушіння складається з періоду постійної швидкості сушіння до відмітки на термограмі першої критичної точки (точка 1), при якому відбувається випаровування вологи з вільної поверхні за температури, близької до температури «мокрого» термометра, та періоду падаючої швидкості сушіння, який, у свою чергу, складається з трьох стадій: стадії кіркутворення — відрізок кривої між точками на термограмі (точка 1 та точка 2); стадії кипіння (між точками 2—3) та завершальної стадії досушування — від точки 3 і до повного висушування, про що свідчить вихід температури висушеної краплі на температуру, близьку до температури повітря $T_k \approx T_n$ [5].

Аналіз залежностей $dT/d\tau = f(T_n)$, наведених на рис. 2, показує, що збільшення температури повітря зі 140 до 180 °C майже не впливає на швидкість прогрівання крапель у періоді постійної швидкості сушіння (крива 1) і на стадії кіркутворення (крива 2), тоді як на стадії досушування (крива 3) швидкість прогрівання крапель зростає практично вдвічі. Це може бути пов'язано зі значним зниженням густини парів вологи над поверхнею більш висушеної при температурі 180 °C краплі (частки) і вказує на доцільність більш швидкого охолодження таких часток після завершення стадії досушування для уникнення зайвої термічної дії на термолабільні складові продукту.

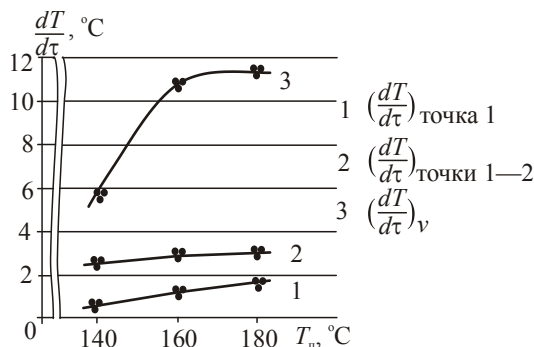


Рис. 2. Графічні залежності швидкості прогрівання крапель білково-мінерального екстракту на різних стадіях процесу зневоднення від температурних режимів: 1 — стадія постійної швидкості сушіння; 2 — стадія кіркутворення; 3 — стадія досушування

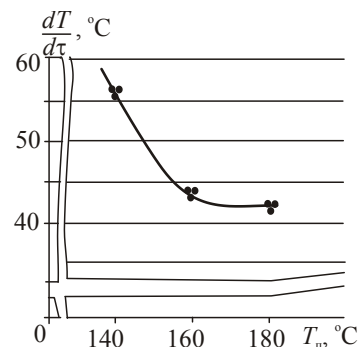


Рис. 3. Вплив температурних режимів на загальний час сушіння крапель білково-мінерального екстракту

За результатами досліджень процес розпилювального сушіння розчинів білково-мінерального екстракту доцільно проводити при температурах теплоносія на вході в камеру ≥ 180 °C, оскільки за умов більш високих температур без загрози ушкодження продукту загальний час сушіння крапель скорочується на 25 %, про що свідчить графічна залежність $\tau_{\text{зар}} = f(T_n)$ (рис. 3).

Крім того, як показали дослідження динаміки змінення форми та розміру крапель у процесі їх зневоднення із застосуванням засобів цифрової фото- і кінозйомки, процес сушіння крапель білково-мінерального екстракту спричиняє монотонне ущільнення їх структури (рис. 4). В результаті висушені при температурі теплоносія 180 °C частки мають більш монолітну структуру, а

їхні кінцеві розміри менші за початкові майже у 2 рази, що свідчить про високі вологопровідні властивості утвореної на поверхні краплі кірки. В умовах розпилювальної сушарки це збільшить насипну густину порошку, покращить його структурно-механічні і сепараційні характеристики та забезпечить підвищення його виходу з камери сушарки.

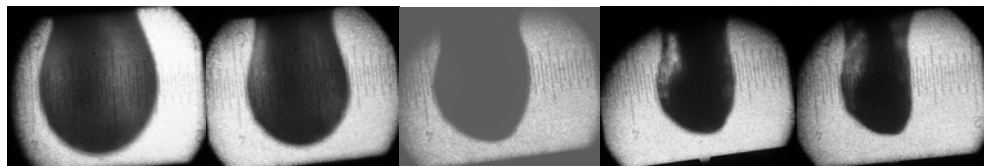


Рис. 4. Кінограма сушіння краплі білково-мінерального екстракту при температурі теплоносія 180 °С

На основі отриманих експериментальних даних розроблені рекомендації щодо організації процесу розпилювального сушіння водного розчину білково-мінерального екстракту.

Апробація технології отримання сухої форми білково-мінерального екстракту проводилась на експериментальній розпилювальній сушарці ІТТФ НАН України РЦ-1,3 продуктивністю 10 кг/год циліндро-конічного типу з верхнім підводом теплоносія і дисковим розпилювачем [6].

Вихідний розчин білково-мінерального екстракту при подачі в сушильну камеру має такі характеристики:

- вміст сухих речовин, % — 5,0;
- температура продукту, °С — 18...20.

Вихідний розчин білково-мінерального екстракту за допомогою плунжерного насоса-дозатора подавався на відцентровий диск розпилювальної сушарки і розпилювався у потоці нагрітого теплоносія, який подавався в корінь факела розпилю. Температурні параметри теплоносія такі:

- на вході в камеру, °С — 182±5;
- на виході з камери, °С — 82±2.

Процес сушіння проводився без застосування системи термостатування.

В об'ємі сушильній камері в результаті взаємодії складових системи крапля-парагазове середовище диспергований матеріал зневоднювався, перетворюючись на порошок, який з відпрацьованим повітрям по системі пневмотранспорту надходив до циклону, де відбувалась його сепарація й вивантаження до приймальної ємності, після чого відпрацьоване повітря спрямовувалось вентилятором через фільтр в атмосферу.

Вихід порошку складав близько 90 %, що характерно для процесу сушіння високовологих матеріалів, коли через утворення значної кількості часток малих розмірів < 10 мкм, схильних до витання, ускладнюється процес їх сепарації з відпрацьованого теплоносія. Отриманий білково-мінеральний концентрат характеризувався як однорідний, сипкий і тонкодисперсний порошок.

Мікроскопічні дослідження, що проводились на оптичному мікроскопі «Axio Imager» німецької фірми Carl Zeiss за методом сухого насипання поро-

шку на предметне скло, а для вищих збільшень (з додаванням імерсійної олії), підтвердили утворення агломератів розміром 40...60 мкм, що включали мікрочасточки розміром 10...20 мкм (рис. 5). За мікроструктурним аналізом структура переважної кількості часток порошку є однорідною і включає волокна колагену й еластину розмірами до 5 мкм.

Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що для збільшення виходу порошку білково-мінерального екстракту з розпилювальної сушарки доцільно концентрацію сухих речовин у вихідному розчині, що подається в камеру, збільшити до 20...25 %.

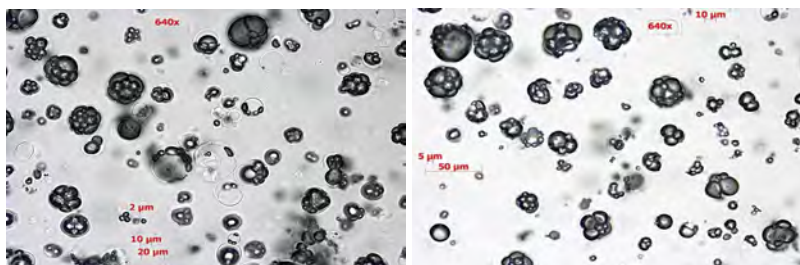


Рис. 5. Мікрочасточки порошку білково-мінерального екстракту при збільшенні у 640 разів (зразки виготовлені із застосуванням імерсійної олії)

Експериментально встановлено, що насипна густина порошку занадто низька і у вільній насипці складає $0,154 \text{ кг/м}^3$, а кут природного укосу — 37° . Вологість порошку залежала від зони та часу його відбору:

- з приймальної ємкості, % — 5,4;
- зметеного із стінок камери після досліду, % — 3,1;
- після зберігання на відкритому повітрі протягом 5 діб, % — 10,5.

Як видно з цих показників, порошок, що осів на стінках камери, мав вологість $\sim 3\%$, а та його частина, яка у складі двофазного потоку транспортувалась пневмотранспортом до циклону безпосередньо в об'ємі відпрацьованого вологого повітря, зволожувалась до 5,4 %. Виходячи з мікроструктурного аналізу, гігроскопічність порошку пов'язана з його розвиненою поверхнею.

Для зниження вологості такий порошок доцільно отримувати на розпилювальних сушарках із розподільним виходом порошку і теплоносія. Крім того, для зберігання такого гігроскопічного продукту доцільно використовувати герметичні умови та засоби пакування, дотримуючись особливих правил його зберігання і використання, оскільки на відкритому повітрі порошок набирає вологу, починає грудкуватись, втрачати сипкість і поступово може стати непридатним для застосування.

Дослідні партії порошкового білково-мінерального концентрату пройшли рентгено-флюоресцентний аналіз на склад мінералів, а за модифікованим методом Лоурі — на масову частку білка. Результати проведених досліджень були використані при розробці технології виробництва нового харчового продукту — концентрату білково-мінерального, який містить 85 % білка і 10 % мінеральних речовин, 60 % з яких складає кальцій у легкозасвоюваній формі та інші характерні для кісткової тканини мікро- і макроелементи.

Висновки

1. Проведені дослідження кінетики сушіння одиничних крапель і процесу розпилювального сушіння довели можливість отримання високоякісного білково-мінерального концентрату в сухій формі методом розпилювання.

2. Експериментально встановлено раціональні режими роспилювального сушіння білково-мінерального екстракту — температура теплоносія на вході в камеру становить 180...190 °С, що забезпечує скорочення часу сушіння на 25 %, покращення умов висушування продукту і збільшення терміну його зберігання до 1 року.

3. Отримана дослідна партія порошкового продукту — білково-мінерального концентрату.

4. Отримані результати досліджень використані при розробці технології виробництва білково-мінерального концентрату в промислових обсягах.

Література

1. Токаев Э.С. Медико-биологические и физико-химические аспекты использования балластных веществ в продуктах лечебного назначения / Э.С. Токаев, Н.В. Гурова // Обзорная информация. Серия Мясная и холодильная промышленность, АгроНИИТЭИПШ. — 1996. — № 1. — С. 23—25.

2. Файвишевский М.Л. Переработка кости на мясоперерабатывающих предприятиях [Текст] // Мясная индустрия. — 2010. — № 1. — С. 62—65.

3. Кроха Ю.А. Рациональное использование кости зарубежом: Обзор. Информация / Ю.А. Кроха, Н.А. Александрова, А.Э. Степнова. — Москва: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1985. — 40 с.

4. Чекман И.С. Кальция цитрат — клинко-фармакологическая активность // Провизор. — 2003. — № 11 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.provisor.com.ua>.

5. Козак М.М. Дослідження впливу тепломасообмінних параметрів на процес екстракції мінеральних речовин із колаген-кісткової сировини субпродуктів птиці / М.М. Козак, Е.К. Жукотський, Г.В. Декуша, Н.О. Шаркова та ін. // Промислова теплотехніка. — 2010. — Т. 32, № 2. — С. 97—104.

6. Шаркова Н.О. Дослідження кінетики сушіння крапель білково-мінерального екстракту / Н.О. Шаркова, Е.К. Жукотський, Л.Ю. Авдеева та ін. // Наукові праці. — 2011. — Вип. 39, Т. 2. — С. 358—361.

7. Долинский А.А. Кинетика и технология сушки распылением / А.А. Долинский, К.Д. Малецкая, В.В. Шморгун. — Київ: Наукова думка, 1987. — 224 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШКИ БЕЛКОВО-МИНЕРАЛЬНОГО ЭКСТРАКТА

Н.А. Шаркова, Т.Я. Турчина, А.В. Декуша, Н.Н. Козак

Институт технической теплофизики Национальной академии наук Украины

В статье исследована кинетика сушки одиночных капель белково-минерального экстракта из опорного аппарата птиц — куриных лап. Исследован процесс распылительной сушки продукта при разных температурных режимах на экспериментальной распылительной сушилке диаметром 1,3 м производительностью 10 кг/час по испаренной влаге. Определены рациональные теплотехнологические параметры получения сухой формы концент-

рата методом распыления, обеспечивающие улучшение условий сушки продукта и сокращения времени его сушки на 25 %. Проведен микроструктурный анализ и определены структурно-механические характеристики полученной партии сухой формы белково-минерального экстракта.

Ключевые слова: *распылительная сушка, белково-минеральный концентрат, температурные режимы, порошок, кинетика сушки.*