

Література

1. Промтов М.А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов // Вестник ТГТУ. – 2008. – Том 14, № 4. – С. 861 – 869.
2. Вітенько Т.М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах: монографія. Тернопіль, в-во ТДГУ ім. І. Пулюя, 2009. – 224 с.
3. Иваницкий Г.К., Недбайло А.Е. Аналитическое исследование кавитации в рабочем колесе центробежных насосов // Промышленная теплотехника. – 2012. – Т. 34, №2. – С. 40 – 47.
4. Иваницкий Г.К., Шурчкова Ю.А., Недбайло А.Е. Использование гидродинамической кавитации для разрушения бактериальных клеток в технологии обработки молока // Промышленная теплотехника. – 2012. – Т. 34, №3. – С. 31 – 39.
5. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Тепломассообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах. – Киев: Наукова думка, 2008. – 381 с.
6. Suslick K.S., Millan M.M., Reis J.T. Chemistry induced by hydrodynamic cavitation // Journ. Amer. Chem.Soc. – 1997. – Vol. 119, № 3. – P. 9303 – 9306.
7. Артеменко С.В., Крийсман П., Мазур В. Термодинамическое поведение экологически опасных веществ в сверхкритических природных флюидах // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Т. 42, № 6/5. – С. 34 – 40.
8. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов Издание 3-е, переработанное, дополненное, С.-Пб.: ГИОДР, 2004. – 320 с.
9. Shiming Lin, Ji-Liang Chen, Long-Sun Huang, Huan-We Lin. Measurements of the Forces in Protein Interactions with Atomic Force Microscopy // Current Proteomics, 2005, Vol. 2, No. 1, P. 55 -81.
10. Sheh-Yi Sheu, Dah-Yen Yang, H. L. Selzle, E. W. Schlag. Energetics of hydrogen bonds in peptides // PNAS, 2003. - Vol. 100, № 22. - P. 12683 – 12688.
11. Enrico Di Stasio, Raimondo De Cristofaro. The effect of shearstress on protein conformation: Physical forces operating on biochemical systems: The case of von Willebrand factor // Biophysical Chemistry, 2010, Vol. 153, № 1. - P. 1 – 8.
12. Macritchie F. Mechanical degradation of gluten proteins during high-speed mixing of doughs //Journal of Polymer Science: Polymer Symposia, 1975, Vol. 49, № 1, P. 85 – 90.
13. Ashokkumar M. Hot topic: sonication increases the heat stability of whey proteins //Journal of Dairy Science. – 2009. – №92(11). – P. 5353 - 5356
14. Ashokkumar M., Lee J., Zisu B., Bhaskarcharya R., Palmer M., Kentish S., Rink R., Shestakov S. Hydrodynamic cavitation – an alternative to ultrasonic food processing. // Electronic Journal “Technical Acoustics” <http://ejta.org>, 2011. – № 9. – P. 1 – 10.

УДК 66.047

ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ СУШАРОК ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПОРОШКОВОЇ ФОРМИ СОЛОДОВИХ ЕКСТРАКТІВ

Турчина Т.Я., науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, м. Київ

Представлено аналіз теплотехнічних можливостей двох моделей розпилювальних сушарок для отримання порошків солодових екстрактів.

Design thermotechnical possibilities analysis of spray dryer's two models for production malt extracts powders.

Ключові слова: розпилювальна сушарка, діаметр камери, продуктивність, енерговитрати, солодовий екстракт.

Такі функціональні добавки, як солодові екстракти, що виготовляються з натуральної рослинної сировини, широко використовуються в харчовій галузі, у т.ч. у складі продуктів дитячого харчування, в якості збагачувачів біологічно активними речовинами широкого спектру, розрихлювачів, барвників та замінників цукру, що пояснює підвищений попит на них [1]. Порошкова форма солодових екстрактів є найбільш зручною для багатьох технологічних процесів, але в Україні вона до сих пір не виробляється.

В ІТТФ НАН України за результатами проведеного комплексу експериментальних та дослідно-промислових досліджень були розроблені теплотехнологічні параметри отримання порошкової форми ячмінно-солодового (ЯСЕ), полісолодового (ПСЕ) та ін. екстрактів [2–4]. Створення умов для запобігання адгезійних явищ у сушильній камері та покращення характеристик порошків, як показали дослідження, досягається при організації раціональної схеми і оптимізації режимів сушіння та охолодження порошку, та при застосуванні білкових структуруючих добавок рослинного або тваринного походження.

Мета даної роботи полягала у проведенні оцінки техніко-економічних можливостей розпилювальних сушарок середньої продуктивності, розроблених в ІТТФ НАН України, як найбільш затребуваних в сучасних умовах вітчизняного виробництва.

Головний габаритний параметр дискових розпилювальних сушарок – діаметр циліндричної частини сушильної камери $D_k=2R_{\Phi(KC)}$ в певній мірі обумовлює продуктивність сушарки, тому для таких складних термопластичних матеріалів, як солодові екстракти, він визначався за уточненою методикою [5, 6] і узгоджувався з графічними залежностями $R_{\Phi(KC)}(G_{\text{вих}})$ (рис. 1) за продуктивністю установок по вихідному рідкому продукту, що подається в розпилювальну камеру, і його температурою.

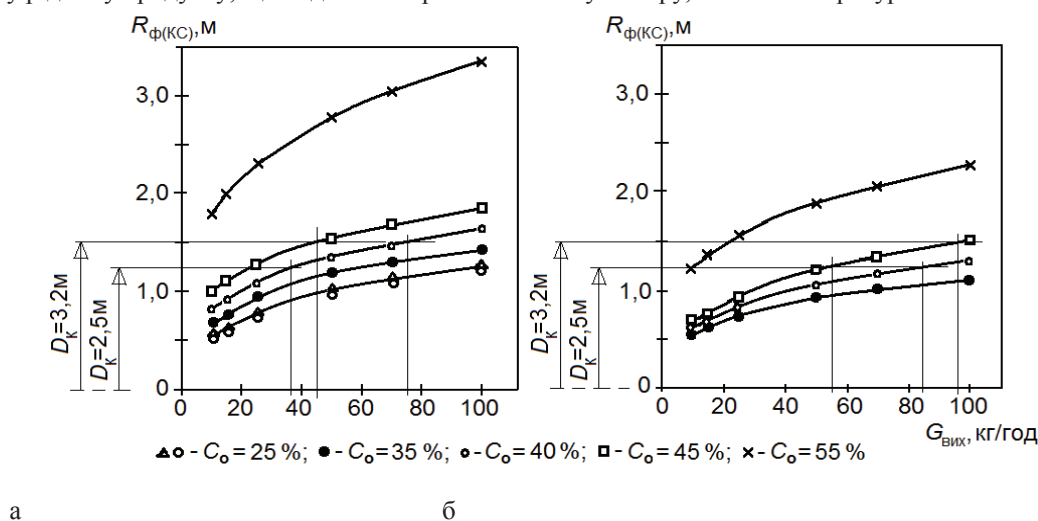


Рис. 1 – Графічні залежності $R_{\Phi(KC)}(G_{\text{вих}})$ для складних колоїдних систем на рослинній основі, схильних до відкладень, з температурою продукту при подачі в сушарку: а) $T_{\text{прод}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; б) $T_{\text{прод}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$

Підвищення температури вихідного продукту, який подається в розпилювальну камеру, до 30-60 °C дозволяє за рахунок зменшення його в'язкості збільшувати вміст сухих речовин до 45-50 %, що сприяє, як показано на рис. 1, істотному підвищенню продуктивності по рідкому та готовому продукту [6]. Так, продуктивність установки РЦ-2,5 при сушінні концентрату з $C_0=40 \text{ } \%$ і $T_{\text{прод}}=60 \text{ }^\circ\text{C}$ може підвищитись у 1,5 рази, а при $C_0=45 \text{ } \%$ продуктивність цієї сушарки і установки РЦ-3,2 - вже у понад 2 рази.

Досвід використання розпилювальних сушарок у харчовій галузі показує, що витрати теплоносія при температурах його на вході в камеру $T_{\text{вх}} = 160 \dots 180 \text{ }^\circ\text{C}$ в середньому складає $\sim 30 \dots 35 \text{ кг/кг}$ випареної вологи [7]. З урахуванням цього, сумарні тепловитрати за годину роботи сушильного обладнання, які включали енерговитрати на випарювання вологи, на нагрів пари випарювальної рідини, на нагрів продукту, втрати тепла у доквілля з відпрацьованим теплоносієм та при нагріванні обладнання (у розмірі 10 % від енерговитрат на випарювання вологи), визначались за наступними залежностями:

тепловитрати:

на випарювання вологи: $Q_{\text{вип}} = L \cdot G_{\text{вип}}, \text{ кДж/год,}$

на нагрів пари випареної вологи: $Q_{\text{п}} = \text{сп} \cdot G_{\text{вип}} \cdot (T_{\text{вих}} - T_{\text{навк}}), \text{ кДж/год,}$

на нагрів висушеного порошку: $Q_{\text{пор}} = \text{с.в.} \cdot G_{\text{пор}} \cdot (T_{\text{вих}} - T_{\text{навк}}), \text{ кДж/год,}$

втрати теплоти:

з відпрацьованим повітрям, що виходить з циклону

розпилювальної сушарки: $Q_{\text{втр(довк)}} = \text{спов} \cdot G_{\text{пов}} \cdot (T_{\text{вих}} - T_{\text{довк}}), \text{ кДж/год,}$

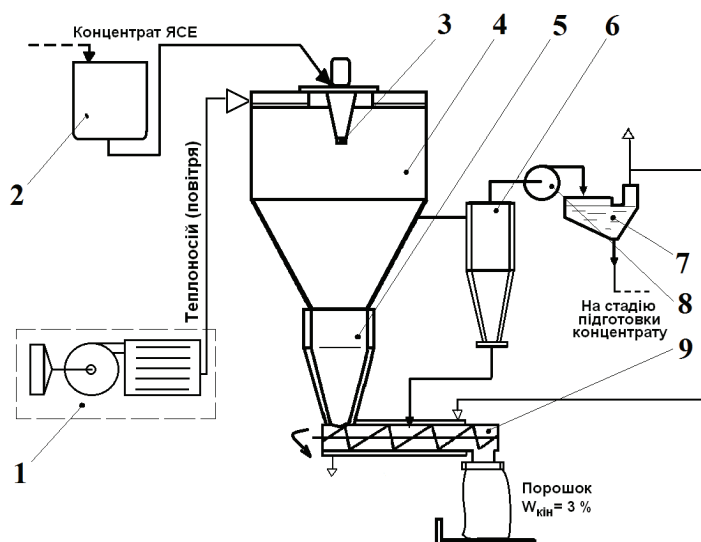
при нагріванні обладнання: $Q_{\text{втр(обл)}} = Q_{\text{вип}} \cdot 0,10, \text{ кДж/год.}$

Теплотехнічні розрахунки процесу отримання порошку ЯСЕ з кінцевою вологістю до 3 % проводились для прямооточних промислових розпилювальних установок РЦ-2,5 (рис. 2) та РЦ-3,2, розроблених в ІТТФ НАН України саме для таких складних термопластичних матеріалів [6, 7], з урахуванням їх проду-

ктивності по випареній волозі та витрат теплоносія. У таблиці 1 наведено приклад розрахунку загальних тепловитрат при сушінні концентрату ЯСЕ з вихідними параметрами $C^{\circ}=45\%$ та $T_{\text{прод}}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ на установках РЦ-2,5 та РЦ-3,2, на базі яких пропонується промислове впровадження даної технології.

Таблиця 1 – Сумарні тепловитрати при отриманні порошкової форми солодових екстрактів на промислових розпилювальних сушарках РЦ-2,5 та РЦ-3,2

Модифікація сушарки	Продуктивність по випареній волозі, кг/год	Параметри продукту		Тепловитрати, кДж/год			
		Спрод, %	$T_{\text{прод}}$, $^{\circ}\text{C}$	Сумарні	В т.ч. втрати теплоти		
					Qвтр(довк)	Qвтр(обл)	Загальні
РЦ-2,5	25-30	45	20	145787	79916	5499	85415
РЦ-3,2	50-70			288099	156357	10998	167355



1 – система підготовки теплоносія, 2 – стадія підготовки рідкого ЯСЕ; 3 – дисковий розпилювач, 4 – сушильна камера, 5 – бункер и 6 – циклон з охолоджувальними «сорочками»; 7 – «мокрый» циклон; 8 – вентилятор; 9 – шинковий охолоджувач.

Рис. 2 – Принципова схема розпилювальної сушильної установки РЦ-2,5 для отримання порошкової форми солодових екстрактів без білкових структуруючих добавок

За результатами розрахунків (табл. 1) питомі тепловитрати складають ~ 7100 кДж/кг порошку солодового екстракту, що узгоджується з отриманими експериментальними та дослідно-промисловими даними [6], і залежать виключно від теплотехнологічних режимів сушіння.

При виборі розпилювальної сушарки для отримання порошків солодових екстрактів без білкових структуруючих добавок слід враховувати їх підвищені гігроскопічні та адгезійні властивості. Саме для таких порошків пропонується принципова схема технологічної лінії на базі розпилювальної камери діаметром 2,5 м (рис. 2). Проблема зниження відкладень висушеного матеріалу в цій камері та на виході з неї вирішується шляхом організації розподільного виходу відпрацьованого повітря та порошку. За таких умов скорочується тривалість їх контакту, що сприяє зниженню кінцевої вологості порошку до $< 3\%$ та подовженню терміну його зберігання до 2 років[4, 6].

Перевагою такої конструкції розпилювальної камери є зниження вірогідності адгезійних явищ в сушарці і втрат продукту, підвищення ефективності роботи сушильного обладнання та збільшення виходу продукту покращеної якості.

Впровадження такої лінії доцільно проводити на підприємствах, що виробляють рідку (пастоподібну) форму солодових екстрактів з $\text{Спрод} = 75\%$, де безпосередньо зі стадії випарювання продукт можна подавати в сушильну камеру із встановленими вихідними параметрами: $\text{Спрод} = 45 \pm 5\%$ та $T_{\text{прод}} = 30 \dots 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ [6]. За таких умов підприємство отримує можливість для значного енергозбереження за рахунок скорочення витрат на концентрування продукту до 75%. Крім того, використання теплоти відпрацьованого повітря у системі підготовки теплоносія сприятиме підвищенню ефективності роботи установки.

Високий рівень збереження біологічно активних, корисних та поживних речовин у порошку ЯСЕ [8] доводять актуальність створення такого виробництва для розширення асортименту оздоровчих продуктів харчування. За попередніми розрахунками собівартість порошкової форми солодових екстрактів становитиме 35...40 грн/кг.

Висновки.

Теплотехнічний аналіз розглянутих розпилювальних сушарок середньої продуктивності показав, що їх питомі тепловитрати на отримання порошку солодового екстракту за заданими теплотехнологічними параметрами достатньо близькі і складають ~7100 кДж/кг, тому вибір модифікації установки в першу чергу залежить від техніко-економічних вимог конкретного підприємства, при цьому технологічну лінію для порошоків без білкових структуруючих добавок доцільно організувати на основі розпилювальної сушарки РЦ-2,5, де конструктивно передбачені умови для зниження вірогідності адгезійних відкладень порошку і підвищення його виходу та якості.

Література

1. Лукьянова Е.М., Самборская Е.П., Гутман Л.Б., Закревський А.А и др. Новые продукты диетического и лечебного питания для беременных женщин и детей. / Под ред. Е.М.Лукьяновой. – Киев: Наукова думка, 1991.– 144с.
2. Малецкая К.Д., Заритовская А.Г., Турчина. Особенности технологии получения порошков солодовых экстрактов для обогащения хлебопродуктов / Наукові праці ОНАХТ. - 2001.- Вип. 21.- С.276-279.
3. Турчина Т.Я. Кинетика процессов тепловлагодпереноса при сушке капель термопластичных материалов – солодовых экстрактов / Промышленная теплотехника.- 2010.- Т.32, №3. - С.43-49.
4. Малецька К.Д., Турчина Т.Я. Вплив температурних режимів на ефективність процесу розпилювального сушіння солодових екстрактів / Наукові праці ОНАХТ.- 2009.- Вип. 35.- Т.2.-С.152-157.
5. Турчина Т.Я. Уточнений розрахунок габаритів дискових розпилювальних сушарок для адгезійних матеріалів / Наукові праці ОНАХТ. - 2011.- Вип. 39.- Т.2.- С.66-68.
6. Турчина Т.Я. Интенсифікація тепловологодпереносу при розпилювальному сушінні термопластичних матеріалів з рослинної сировини: дис...канд.техн.наук: 05.14.06 / Турчина Тетяна Яківна. – К., 2011.- 245с.
7. Долинский А.А., Малецкая К.Д. Распылительная сушка : В 2-х т. Т. 1 Теплофизические основы. Методы интенсификации и энергосбережения. – Киев: Академперіодика, 2011.– 376 с.
8. Гречко Н.Я., Денисов М.О. Малецька К.Д., Турчина Т.Я. та ін. Фізико-хімічні показники сухих ячмінно-солодових екстрактів// Міжн. наук.-техн. конф. «Розроблення та впровадження прогресивних ресурсоощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість», 1997.- Київ: УДУХТ.-С.66.

УДК 621.57

МЕТОДИКА ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО АДСОРБЕНТУ ДЛЯ АДСОРБЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ

**Чалаєв Д.М., канд. техн. наук, старший науковий співробітник,
Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, м. Київ**

У статті представлений алгоритм, який дозволяє вибрати перспективний адсорбент для адсорбційних систем охолодження, ґрунтуючись на його адсорбційних властивостях. Цей алгоритм заснований на принципі температурної інваріантності Поляни.

This paper presents an algorithm, which makes it possible to select promising adsorbent for adsorption chilling units founding on its adsorption properties. This algorithm is based on the Polanyi principle of temperature invariance.

Ключові слова: сонячний адсорбційний холодильник, адсорбція, десорбція, холодильний коефіцієнт.