

Отримані графічні залежності $\tau_{\text{зар}} = f(C_o)$ (рис. 3) свідчать про задовільну узгодженість розрахункових та експериментальних даних для різних концентрацій досліджених матеріалів з рослинної сировини та параметрів теплоносія.

Висновки

За результатами теоретичного аналізу тепломасопереносу при сушінні крапель структурованих систем рослинних харчових матеріалів отримано рівняння (10) для розрахунку загального часу сушіння по-дібних продуктів у диспергованому стані з урахуванням їх вихідних характеристик та параметрів теплоносія.

Література

1. Долинский А.А. Оптимизация процессов распылительной сушки / А.А. Долинский, Г.К. Иваницкий. – К.: Наукова думка, 1984. – 320 с.
2. Малецкая К.Д. Теплофизические основы создания новых технологий и усовершенствование техники обезвоживания жидкостных материалов в диспергованном состоянии: дис. доктора техн. наук.: 05.14.06 / Малецкая Кира Дмитриевна: – К., 2003. – 338 с.
3. Турчина Т.Я. Кинетика процессов тепловлагопереноса при сушке капель термопластичных материалов – солодовых экстрактов / Т.Я. Турчина // Промышленная теплотехника, 2010. – Т. 32, № 3. – С. 43-49.
4. Малецька К.Д. Удосконалення процесу тепломасообміну в технологіях розпиловального зневоднення нефракціонованої рослинної сировини. / К.Д. Малецька, Т.Я. Турчина // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2007. – Вип. 30. – Т.1. – С. 176-181.
5. Турчина Т.Я. Фізико-хімічний склад і структуруюча здатність рослинних матеріалів розпиловального сушіння / Т.Я. Турчина // Харчова і переробна промисловість, 2008. – № 5. – С. 17-20.
6. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 527 с.

УДК 664.3.032 : 544.773.32

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ФОСФОЛІПІДНИХ НАНОСТРУКТУР

Авдєєва Л.Ю., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

У статті представлено результати дослідження енергоефективності різних методів одержання фосфоліпідних наноструктур часток.

The results of the researches concerning energy efficiency of various methods of phosphor-lipid nanopiece formation are presented.

Ключові слова: технологія, тепломасообмінні процеси, наноструктури, диспергування, дискретно-імпульсне введення енергії

На сьогодні все більше уваги в усьому світі приділяється спрямованому одержанню і використанню речовин і матеріалів нанорозміру. Вони відкривають широкі перспективи при створенні сучасних технологій з принципово новими корисними характеристиками. Унікальні властивості наноматеріалів знаходять своє використання в енергетиці, інформаційних технологіях, матеріалознавстві, біології, медицині і т.д.

Значний інтерес для вивчення і перспективу для використання мають везикули з фосфоліпідів. Фосфоліпіди відносяться до амфіфільних сполук, які мають властивість до самоорганізації у воді або інших органічних розчинниках з утворенням замкнених мембраних оболонок – везикул, які, залежно від способу одержання, розрізняються за своїми розмірами (від 20 нм до 50 мкм), формою і функціональними властивостями. На сьогодні ліпідні везикули широко використовуються в медицині, фармацевтичній і косметичній промисловості через їхню властивість до включення, утримування в середині і транспортування безпосередньо до клітин речовин різноманітної природи – лікарських препаратів, ферментів, біологічно активних речовин. Але такі частинки мають великі перспективи для використання у харчовій промисловості і сільському господарству [1, 2].

Збільшення галузей для використання корисних властивостей фосфоліпідних наночастинок стимується через складність технологій їхнього отримання, використання багаторівневих способів і енергосмісних процесів: методи озвучування, етанольної інжекції, продавлювання через полікарбонатні ядерні фільтри, «заморожування-відтавання» та ін. [3, 4]. Ці методи, незважаючи на досягнення поставленої мети, є малопродуктивними і не дозволяють організувати промислового виробництва фосфоліпідних наносистем у значних обсягах.

Одним зі способів, який найбільш часто використовують для одержання фосфоліпідних наночастинок є озвучування водної дисперсії фосфоліпідів за допомогою використання приладів типу ультразвукових ванн. Ці прилади призначенні для генерування ультразвукових коливань у закритій ємності за допомогою магнітострикційних перетворювачів. Вони використовуються в багатьох галузях промисловості для процесів диспергування, очищення та ін.

Наприклад, ультразвукова ванна УЗВД-6 має такі технічні характеристики: камеру об'ємом, 800 см³, в якості джерела коливання використовується магнітострикційний перетворювач потужністю 4 кВт із живленням від генератора, потужністю 20 кВт. Амплітуда коливань становить від 10 до 15 мкм [5].

У результаті озвучування дисперсії фосфоліпідів утворюються везикули розміром від 20 нм до 1000 нм (1 мкм). Розмір везикул залежить від тривалості озвучування. Для зменшення діаметра везикул до 100 нм використовують декілька прийомів озвучування і охолодження (із загальною тривалістю до 10 хв.), при цьому відбувається ерозія частинок металу випромінювача, що забруднює препарат, тому проводять обов'язкове подальше центрифугування [4].

Пошук нових енергоефективних технологій отримання фосфоліпідних везикул був темою досліджень багатьох вітчизняних і закордонних вчених. Одним із запропонованих варіантів підвищення ефективності процесу є одержання фосфоліпідних везикул шляхом диспергування і гомогенізації багатокомпонентної фосфоліпідної суміші за допомогою клапанних гомогенізаторів високого тиску різних конструкцій. В апаратах цього типу гомогенізація дисперсій систем ґрунтуються на максимальній турбулізації матеріалу в локальній активній зоні. У цих апаратах подрібнення відбувається в результаті проходження матеріалу через одно-, дво- або трохступеневу гомогенізуючу голівку за рахунок дії трохступеневого плунжерного насосу високого тиску. Для одержання фосфоліпідних наночастинок, розміром до 200 нм, цим способом проводять диспергування суспензії фосфоліпідів під тиском 50...85 МПа. [6].

Одним з перспективних способів збільшення ефективності технологічних процесів є імпульсні енергетичні впливи на оброблюваний матеріал, що використовують внутрішні і зовнішні джерела енергії. Нами була досліджена можливість одержання фосфоліпідних наноструктур і підвищення ефективності процесу їх утворення при синергетичному багатофакторному впливі на межі розділення фосфоліпід-вода за принципом дискретності і концентраційної вибірковості енергетичних впливів за рахунок використання дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) [7, 8].

Технічні характеристики промислових ультразвукових перетворювачів, гомогенізаторів клапанного типу і проточного роторно-пульсаційного апарату циліндричного типу наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Технічна характеристика гомогенізаторів

Характеристика	Промислові ультразвукові перетворювачі	Гомогенізатори клапанного типу		Роторно-пульсаційний гомогенізатор циліндричного типу
		A1-ОГМ-2,5	A1-ОГ2М	
Продуктивність, кг/год.	48-160	2500	5000	3000
Робочий тиск, МПа	1	20	20	–
Потужність, кВт	4-15	18,5	37	1,5
Кількість ступенів гомогенізації	1-3	2	2	1
Питомі витрати електроенергії на гомогенізацію продукту, кВт/т	83,3-312,5	7,4	7,4	0,5

Дані таблиці дозволяють зробити висновок про збільшення ефективності витрат енергії при використанні гомогенізаторів різного типу, порівняно із ультразвуковими перетворювачами. Методу озвучування з використанням ультразвукових перетворювачів характерна невисока продуктивність, застосування декількох стадій і додаткових видів обробки. Крім того, тривала обробка ультразвуком з низькою інтенсивністю або короткочасна з високою інтенсивністю призводить до хімічного руйнування фосфоліпідів із утворенням лізолецитину і окислення поліненасичених жирних кислот.

Аналіз даних таблиці свідчить про більш високу енергоємність клапанних гомогенізаторів у порівнянні з роторно-пульсаційними апаратами. При приблизно однаковій продуктивності, для клапанних гомогенізаторів питомі витрати електроенергії на одиницю продукції в 14,8...28,8 разів більше. Крім того, конструктивно особливістю гомогенізаторів клапанного типу є складна конфігурація гомогенізуючих головок, а також використання підпружинених клапанів для проштовхування обробленого матеріалу, які інтенсивно зношуються під впливом кавітаційної ерозії.

З технологічної точки зору, диспергування ліпідів під високим тиском може привести до окислення поліенасичених жирних кислот. Організація циклічності процесу (до 10 циклів обробки) дозволяє знизити робочий тиск гомогенізації, але більша частина енергії витрачається на процес макропереміщування всієї маси матеріалу і його рециркуляцію з пасивної зони в активну, що призводить до непродуктивної дисипації енергії і значного збільшення енерговитрат.

Використання роторно-пульсаційних апаратів, де в результаті дискретно-імпульсного введення енергії підвищується технологічна ефективність процесу, з'являється можливість значно зменшити питомі витрати енергії на одиницю продукції, зменшити тривалість процесу та кількість циклів обробки матеріалу [9, 10].

Нами були досліджені властивості наноструктур, утворених запропонованим способом за функцію розподілу розміру частинок за допомогою лазерного фотон-кореляційного спектрометра "ZetaSizer-3" Malvern Instrument, Великобританія, обладнаного Не-Не лазером ЛГН-111 ($P = 25 \text{ мВт}$, $\lambda = 633 \text{ нм}$). Даний прилад дозволяє визначити коефіцієнт дифузії дисперсних часток у рідині шляхом аналізу характерного часу флюктуації інтенсивності розсіяного світла. Розмір часток розраховували за формулою Стокса-Ейнштейна, яка пов'язує розмір частинок з їх коефіцієнтом дифузії і в'язкістю рідини. Отримана автокореляційна функція (АКФ) оброблялася за допомогою стандартних (ліцензійних) комп'ютерних програм (PCS-Size mode v 1.61). Для досліджень використовувався сухий знежирений фосфоліпідний комплекс «Лецитин соєвий «Solec F» виробництва фірми «Solae Europe» (ЄС) із загальним вмістом фосфоліпідів 97 %.

Результати досліджень свідчать, що при впливі на водну дисперсію фосфоліпідів ультразвуку при 22 кГц впродовж 1 хв. утворюються частинки з діапазоном дисперсності від 17,7 нм до 811 нм. Середній діаметр частинок всієї дисперсної системи становить 153,3 нм. Діаметр частинок має двомодальне розподілення: малі одношарові везикули з розміром від 17,7 нм до 120,2 нм і великі одношарові везикули від 176 нм до 811 нм, причому частка малих одношарових везикул із розміром від 17,7 нм до 119,8 нм становить майже 70,7 %.

При одноразовій обробці водної дисперсії фосфоліпідів за допомогою методу ДІВЕ середній діаметр частинок всієї дисперсної системи становить 168,4 нм. Частка наноструктур із розміром від 14,9 нм до 138,1 нм становить 75,6 %. Дисперсна система характеризується значною стабільністю результатів.

При циклічній обробці водної дисперсії фосфоліпідів за допомогою клапанного гомогенізатора [6] дисперсна система складається (до 80-90 % всіх частинок) з частинок з розміром 80 – 160 нм.

У результаті аналізу одержаних даних можна зробити висновок, що розмір фосфоліпідних частинок у дисперсних системах, утворених при використанні методу ДІВЕ, можна порівняти з іншими розглянутими нами системами, але аналіз технічних характеристик обладнання, яке використовується для реалізації цих методів (табл.1), свідчить що запропонований нами метод (метод ДІВЕ) дозволяє значно підвищити ефективність процесу і знизити енерговитрати при виробництві.

Висновки

У результаті порівняння характеристик різних типів обладнання за продуктивністю, потужністю, питомими витратами електроенергії на одиницю продукції, а також якістю диспергування був зроблений висновок про доцільність використання методу ДІВЕ з метою збільшення ефективності процесу гомогенізації і зменшення непродуктивних витрат енергії при виробництві фосфоліпідних наноструктур.

Література

1. Ковал'чук М.В. Нанотехнологии – фундамент новой наукоемкой экономики 21 века / М.В. Ковал'чук //Российские нанотехнологии.– 2007. – Т.2.– №1–2.– С.6–11.
2. Верников В.М. Нанотехнологии в пищевых производствах: перспективы и проблемы / В.М.Верников, Е.А.Арианова, И.В. Гмошинский и др. // Вопросы питания, 2009, Т.78. – №2. С.4-17.
3. Барсуков Л.И. Липосомы / Соросовский образовательный журнал, 1998.- С.2-9.
4. Gregoriadis Gregory. Liposome Technology / The School of Pharmacy University of London.- New York, London, 2007.-422 p.
5. Промтов М.А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества: Учебное пособие / М.А. Промтов. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. – 136 с.

6. Краснопольский Ю.М. Липидная технологическая платформа для создания новых лекарственных форм и транспорта активных фармацевтических субстанций / Ю.М. Краснопольский, А.Е.Степанов, В.И.Швец /Биофармацевтический журнал, – 2011. – Т.3. – №2.– С.10-18.
7. Долинский А.А. Дискретно-импульсный ввод энергии в теплотехнологиях / А.А. Долинский, Б.И. Басок, С.И. Гулый, А.И. Накорчевский, Ю.А. Шурчкова // К.: ИТТФ НАН Украины, 1996. – 204 с.
8. Долинский А.А. Принципы разработки новых энергосберегающих технологий и оборудования на основе методов дискретно-импульсного ввода энергии / А.А.Долинский, Г.К. Иваницкий // Промышленная теплотехника.–1997. – Т.19. – № 4-5. – С.13-25.
9. Авдеева Л.Ю. Метод інтенсифікації процесу отримання ліпосомних наноструктур при дискретно-імпульсному введенні енергії /Л.Ю. Авдеєва // Промышленная теплотехника. – 2010.– Т.32. – № 3.– С. 87-91.
10. Долинский А.А. Анализ и прогнозирование адаптивности липосомной системы при дискретно-импульсном вводе энергии /Долинский А.А., Шаркова Н.А., Авдеева Л.Ю. // Сборник трудов V Международного междисциплинарного симпозиума «Прикладная синергетика в нанотехнологиях», Москва, 2008. – С.488-492.

УДК 621.928.9

ОБЕСПЫЛИВАНИЕ ТРАНЗИТНЫХ И ЦИРКУЛИРУЮЩИХ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ

**Буров А.А., канд. техн. наук, доцент, Вишнякова Н.В., аспирантка, Карамушко А.В., аспирантка
Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса**

Представлены результаты исследований совмещения центробежной сепарации и непрерывной фильтрации запылённого воздуха через слои циркулирующей пыли. Обоснована и подтверждена эффективность замены различных циклонов аппаратами с замкнутыми контурами. Обоснована эффективность замены систем аспирации с транзитными потоками замкнутыми обеспыливающими системами, исключающими потери тонкодисперсных продуктов и загрязнение ими окружающей среды.

The results of researches of combination of centrifugal separation and continuous filtration of dust-laden air are presented through the layers of circulatory dust. Efficiency of replacement of different cyclones vehicles is reasonable and confirmed with the reserved contours. Efficiency of replacement of the systems of aspiration is reasonable with transit streams by the closed dedusting systems, eliminating the losses of the micronized foods and contamination by them environment.

Ключевые слова: воздух, поток, обеспыливание, система каналов, замкнутые контуры.

Снижение техногенного загрязнения воздуха – актуальная проблема многих производств пищевой промышленности. Она выявила и обострилась после аварии на Чернобыльской АЭС. Введенный в эксплуатацию за три месяца до аварии молочно – консервный комбинат продуктов детского питания оказался через три месяца после катастрофы на грани закрытия из-за отсутствия фильтрующего материала для кассетных фильтров, очищающих атмосферный воздух. Набивка кассетных фильтров заменялась после аварии через каждые десять дней, при проектном сроке службы до трёх лет. Фильтр превращается в процессе эксплуатации в источник химического и радиоактивного загрязнения пищевых продуктов. Воздух используется во многих процессах пищевых производств, например, в качестве сушильного и транспортирующего агентов. Уносимая очищенным воздухом тонкодисперсная пыль является ценным продуктом, которым загрязняется окружающая среда [1].

Потери продуктов и загрязнение окружающей среды сокращаются при совершенствовании очистки от пыли транзитных воздушных потоков. Они устраняются при замене транзитных потоков циркулирующими потоками запылённого воздуха.

Основные цели:

- сравнительный анализ различных способов повышения эффективности очистки транзитного потока запылённого воздуха;
- анализ условий возможной замены транзитного циркулирующим потоком запылённого воздуха на производстве сухого молока;
- анализ эффективности обеспыливания воздушного потока, циркулирующего в системах с разным расположением структурных элементов;