

УДК 664.047(31)

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

Савченко-Перерва М. Ю. аспірант, Якуба О.Р. д-р техн. наук, професор,  
Сумський національний аграрний університет, м. Суми

*Основними методами інтенсифікації і механізації процесу сушіння молочних продуктів є сушіння їх в сушарках розпилювальних, сушарках з примусовою механічною дією і з киплячим шаром інертного носія.*

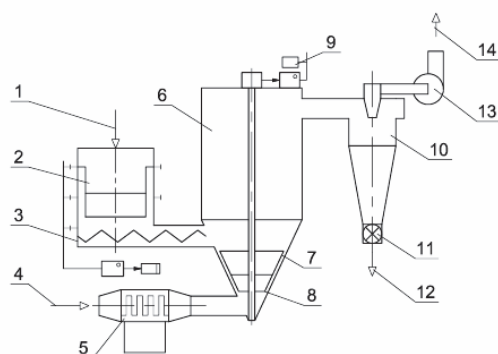
*The basic methods of intensification and mechanization of the process of drying milk foods and agricultural provisions are: in drying apparatuses, in pulverizing drying apparatuses, with compulsory mechanical force and with boiling layer of inert bearer.*

**Ключові слова:** сушіння, сухі молочні продукти, сушильні установки, вологовміст, падаюча швидкість, сушарка з інертним псевдозрідженим шаром.

Виробництво молочних консервів і сухих молочних продуктів є найбільш індустріальною галуззю молочної промисловості. Консервування молока, вершків та інших молочних продуктів проводять з метою збільшення строку зберігання і розширення асортименту. Воно пов'язане також з сезонністю отримання молока. Виготовлення молочних консервів і сухих молочних продуктів дозволяє використати всі корисні речовини молока. Це виробництво є практично безвідходним [1].

Велика кількість механізованих методів сушіння і типів сушильних установок [2] обумовлює різницю властивостей, структури, характеру зв'язку вологи з продуктом, який піддається сушінню. Водночас у всіх сушильних установках мають місце тепломасообмінні процеси, інтенсифікація яких може суттєво зменшити витрати енергії, поліпшити якість матеріалу і в багатьох випадках механізувати та автоматизувати процес.

Поширеним методом інтенсифікації процесу сушіння є сушіння елементів малих розмірів, у тому числі й молока. Висушування ведуть трьома способами: розпилювальним, вальцювим і сублімаційним. Від способу висушування залежить розчинність (відновлюваність) продукту у воді. При розпилюванні утворюються дуже дрібні частинки, які в сушарках інтенсивно омиваються гарячим повітрям. Складові продукту при цьому не дуже змінюються, бо знаходяться в зоні обезводнювання дуже короткий час (десяті долі секунди). Розчинність сухого молока і вершків такого способу виготовлення висока, вона складає від 95% до 99%. При вальцювому способі висушування, молоко знаходиться в контакті з нагрітою поверхнею протягом тривалого часу (10 – 12 сек). Температура поверхні вальців досягає 120° С. За таких умов значно змінюються фізико-хімічні показники молока і вершків. Білки при цьому денатуруються. Розчинність готового продукту низька (70 – 85%). Висушений таким способом продукт набуває кремового кольору і має високу гігроскопічність. Високими споживними властивостями характеризуються продукти сублімаційного способу висушування; фізико-хімічні показники відновленого молока та інших продуктів майже такі, як і звичайного пастеризованого молока. Останнім часом процес сушіння відбувається в розпилювальних сушарках, випуск яких та використання в останній період різко збільшується. Значний прогрес використання таких сушарок досягнутий у Данському виробництві молока [3]. Це є поштовхом до виробництва самих розпилювальних сушарок, які заповнили ринки всього світу і знаходять використання у багатьох галузях, в першу чергу в хімічній і харчовій, їх використання успішно замінює здебільшого вакуумне та сублімаційне сушіння. Основною перешкодою до ефективного використання таких сушарок є полідисперсність розпилювальної рідини і як результат дуже значні об'єми розпилювальних сушарок. Придбання їх під силу тільки потужним підприємствам. Перехід на ринкові відносини потребує участі у конкуренції дрібних та середніх підприємств, але для цього потребується розробка більш досконалих сушарок менших об'ємів з прийнятними цінами. Значних інтенсивностей іноді можна досягти при підвищенні концентрації висушуємих розчинів. Такий метод використаний в конструкції данської фірми "Ангідро" під назвою "Спін Флаш" [3]. В них шматковий або пастоподібний матеріал одною операцією перетворюється в порошок (рис.1).



1. Подача продукту. 2. Живильний бак. 3. Гвинтовий конвейєр. 4. Впуск повітря. 5. Нагрівач повітря. 6. Сушильна камера. 7. Змішувачий пристрій. 8. Диск. 9. Привід зі зміною швидкостей. 10. Циклонний пилоуловлювач. 11. Клапан. 12. Подача на упаковку. 13. Вентилятор. 14. Вихід у атмосферу.

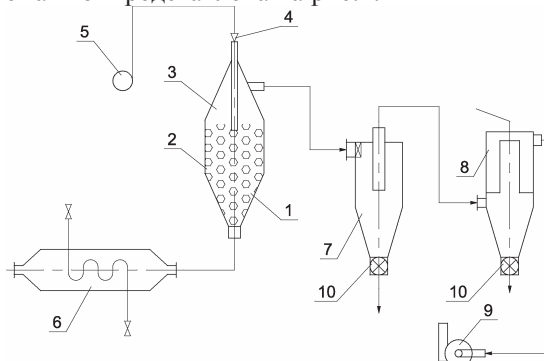
**Рис. 1 – Сушильна установка "Спін Флаш"**

Обробляємий матеріал 1 подається в сушильну камеру 6 із живильного баку 2 за допомогою гвинтового дозатора 3. Повітря, нагріте в калорифері 5, зменшується з вологим продуктом в сушильній камері 6, утворюючи вихоровий псевдозріджений шар і, по мірі того, як матеріал під дією теплоносія та мішалок 7,8 з приводом 9 перетворюються в сухий порошок, він прямує із сушарної камери 6 в циклонний пилоуловлювач 10, де продукт виділяється із повітря і вивантажується через клапан 11 на упаковку в мішки. Відновлене повітря вентилятором 13 викидається в атмосферу 14.

Фірма "Ангідро" рекомендує використовувати сушарки "Спін Флаш" для сушіння згущеного молока та ряду хімічних матеріалів.

Аналіз новітніх технологій показує також можливість значної інтенсифікації процесу при використанні псевдозрідженого шару [4]. Найбільш прийнятними є сушарки з псевдозрідженим шаром інертного носія [5]. В них сушіння здійснюється на поверхні інертного носія, наприклад, полімерних, сталевих, або скляних частинок розміром 4-10 мм. Під дією гарячого повітря та частинок, рідинне молоко швидко висихає на поверхні частинок інертного носія, потім суха оболонка подрібнюється при терті одних частинок навколо інших та виноситься разом з повітрям в систему очищення - циклони або тканеві фільтри. Питома продуктивність сушарок з псевдозрідженим шаром в 10-30 разів вища за розпилюванні [6].

Для проведення досліджень лабораторією Сумського національного аграрного університету (СНАУ), аудиторія №111, була розроблена та виготовлена сушарка з псевдозрідженим шаром (ПЗШ) і інертного носія, схема якої представлена на рис.2.



1. Сушильна камера. 2. Інертний носій. 3. Відбійна сітка. 4. Дозатор або пневматична форсунка. 5. Насос. 6. Калорифер. 7. Циклон. 8. Тканинний фільтр. 9. Вентилятор. 10. Шлюзовий затвір.

**Рис. 2 – Сушарки з інертним псевдозрідженим шаром**

Сушарка з ПЗШ складається із сушильної камери (1) об'ємом 1,6 л циліндрично-конічної форми, в нижній частині якої залягають фторопластові частинки (2), з еквівалентним діаметром  $d_e=3,4$

мм, висотою 30-40 мм. Повітря, яке всмоктується в установку, перед тим як потрапити до камери (1) з псевдозрідженим шаром інертного носія, нагрівається у калорифері до 110-115 °С. Для попередження виносу частинок інертного носія в верхній частині розташована відбійна сітка 1x1 мм<sup>2</sup>(3). Молочна суміш подається до камери насосом (5) у вигляді краплин за допомогою дозатора (4). Частинки сухого молока з камери (1) виносяться в систему уловлення, яка складається із циклону 7 та тканевого фільтру 8. Вивантаження порошку здійснюється дозаторами 10 з циклону 7 та фільтру 8. Вивантажений продукт не потребує розпилю.

Процес сушіння здійснюється так : молоко, або молочна суміш подається у вигляді краплин із ємкості (4) в сушильну камеру (1), де рідинне молоко напилується на поверхні інертного носія (2). Під дією нагрітого повітря фторопластова крихта знаходиться в стані псевдозрідженого (фонтануючого) шару, в якому частинки інтенсивно рухаються відносно повітря і між собою. Молоко, у вигляді плівки на поверхні частинок носія, швидко висихає і стирається з поверхні, а далі виноситься в частково охолоджене повітря в циклон (7) та тканинний фільтр (8).

Для того, щоб сухе молоко знаходилося в охолоджене стані, воно відокремлюється від нагрітого повітря шлюзовим затвором (10), зсипаючись в збірник продукту. Відпрацьоване повітря направляється в атмосферу вентилятором (9). Сухе молоко представляє собою сухий порошок з розміром частинок 10-100 мкм, який не потребує подальшого розмолу.

Температура повітря перед камерою (на вході) складає від 90 °С до 110 °С. На виході вона знижувалась до 50 °С-70 °С, як результат випаровування вологи. Вологість сухого молока складала 0,2-0,7 %, що показує деяку можливість зменшення температури на виході з камери. Показники всіх зразків сухого молока по розчинності відповідають вимогам [7] (до 3÷4 %). Енергетичні показники, найвищі при сушінні молока знежиреного до 0,5 %. Показники по питомій продуктивності значно вищі, ніж в розпилювальних сушарках. Але показник втрат тепла майже в 10 раз вище теоретичних, якщо встановити в технологічний процес більш потужні вентилятори, то можна досягти більшу інтенсифікацію руху частинок інертного носія, а це приведе до зменшення теплових втрат.

#### Висновки

Результати досліджень показали, що сучасне обладнання молочної промисловості та харчової промисловості цілком знаходиться на етапі вдосконалення та розвитку. Аналіз новітніх технологій показує можливість значної інтенсифікації процесу, збільшення його продуктивності та поліпшення автоматизації. Водночас покращується якість матеріалу та суттєво зменшуються енерговитрати.

#### Література

1. Молочні консерви і сухі молочні продукти//br.com.ua>Реферати українською>...\_and\_services/93974.htm.
2. Лыков А.В. Теория сушки /А.В.Лыков.-М.: Энергия,1968.- 472с.
3. Kragh O.E. Неделя датской техники в Москве /O.E. Kragh, APV anhydro A/S, 1984.
4. Тодес О.М. Аппараты с кипящим зернистым слоем /О.М. Тодес, О.Б. Цитович. – М.: Химия,1981.-296с.
5. Геліх О.О.Вплив процесу сушіння молока на якість молочних виробів/ О.О.Геліх, О.Р. Якуба, З.В. Бондарчук.-Вісник СНАУ, Випуск 10, Суми,2003. – 140-143с.
6. Романков П.Г. Сушка во взвешенном состоянии /П.Г. Романков, Н.Б. Романковская.-Л.: Химия,1979.-272с.
7. ГОСТ4495-75. Молоко коровье цельное сухое.-Технические условия.