

## КІНЕТИКА КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ ДРІЖДЖІВ НА ІНЕРТІ

Поперечний А.М. д-р техн. наук, професор, Павлов В.І. інженер-механік  
Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського, м. Донецьк

*В роботі наведено методику та результати експериментальних досліджень по сушінню дріжджової суспензії в псевдозрідженому шарі на інертному матеріалі, визначені особливості процесу та його закономірності.*

*In article is brought methods and results of the experimental researches on drying yeast suspension in pseudorarefied layer on inert material, determined particularities of the process and its regularities.*

**Ключові слова:** сушіння, дріжджі, кінетика, псевдозріджений шар, фізичне моделювання.

Постановка проблеми. Аналіз даних вітчизняної і зарубіжної науково-технічної літератури показує, що для одержання сушених дріжджів застосовують в основному технологічну схему, яка складається з декількох стадій [1-3]:

- обезводнення дріжджової суспензії шляхом фільтрування на камерних або вакуумних фільтрах до вмісту сухих речовин 32...34%;
- грануляція одержаного осаду на циліндричні частинки діаметром 0,5...1 мм;
- теплове сушіння гранул в стрічкових сушарках або сушарках із віброкиплячим чи псевдозрідженим шаром до вмісту сухих речовин 96 %.

При сушінні кормових дріжджів на спиртових заводах застосовуються двовальцьові і розпилювальні сушарки [4-7].

Більшість дослідних робіт присвячена вивченню процесу обезводнення і грануляції із розчинів в киплячому шарі, тобто процесу, який протікає на гранулах із того матеріалу, що і висушений продукт. На даний час мало досліджень, які присвячені вивченню процесу сушіння розчинів в псевдозрідженому шарі гранул інертного матеріалу. Однак ряд проведених досліджень [6,8] і створення промислових установок свідчать про велику ефективність цього способу сушіння. Висока напруга по випареній волозі з одиниці об'єму сушильної камери в порівнянні з іншими методами, дозволяє різко знизити габарити установки, металоємність, капітальні затрати.

Спосіб сушіння в псевдозрідженому шарі інертного матеріалу сполучає в собі в деякій мірі елементи розпилювального сушіння і елементи плівкового сушіння. При розпилюванні в «киплячий шар» гранул розчинів, паст або суспензій частинки інертного матеріалу покриваються плівкою вологого продукту, яка в процесі висушування на цих гранулах стирається чи відколюється, і матеріал в вигляді порошку виноситься відходячим із сушильної камери повітрям. Особливістю даного способу сушіння є важлива потреба в вивченні адгезійних (по відношенню до матеріалу гранул) властивостей продукта, що висушився.

В науково-дослідних (аналітичних і експериментальних) роботах по сушінню розчинів на інертному матеріалі не застосовувався сумісний розгляд процесів, що відбуваються з плівкою продукту на гранулі, тобто процесів, що визначаються як кінетикою зростання плівки по товщині та кінетикою сушіння цієї плівки, так і кінетикою відділення висушеної плівки від гранули.

В промисловості поки ще не застосовуються апарати з інертним матеріалом для сушіння дріжджових суспензій, а процес сушіння не вивчено. Не розкриті особливості процесу та не виявлені його закономірності.

В реальному процесі практично неможливо прослідити кінетику процесу сушіння плівки продукта, що знаходиться на одиничній гранулі в псевдозрідженому шарі.

Отже, метою нашої роботи є проведення експериментальних досліджень сушіння плівок дріжджової суспензії на підложці.

Дослідження процесу сушіння рідинних плівок на підложці проводили на плівках різної товщини (від 0,5 до 1,5 мм), площі (від 0,005 до 0,01 м<sup>2</sup>) при температурах від 40 до 80 °С. Сушіння плівок виконували на фторопластиковій і скляній підложках. Експерименти здійснювали в сушильній шафі та конвективній циркуляційній сушильній установці.

Сушіння при підвищених температурах вели без обдува і з обдувом повітрям. У всіх дослідах продукт наносили на ретельно вимиту пластинку, що мала кімнатну температуру.

При дослідженні процесу сушіння рідинних плівок на підложці продукт наносили методом наливу на пластинку – підложку, вимірювали масу зразка, площу нанесення та товщину рідинної плівки. Останню величину перевіряли визначенням по формулі:

$$\delta = 10^3 \frac{m}{\rho \cdot S}, \quad (1)$$

де  $\delta$  — товщина рідинної плівки, мм;

$m$  — маса рідинної плівки, кг;

$\rho$  — густина рідинного продукту, кг/м<sup>3</sup>;

$S$  — поверхня плівки, м<sup>2</sup>.

В процесі сушіння плівок кількість вологи, що видаляється, визначали періодичним зважуванням зразків на електронних терезах марки ВР – 02МС4. Масу сухих речовин визначали через концентрацію вихідного продукту.

Результати експериментальних досліджень представлені в вигляді графічних побудов, що наведені на рисунках 1–4.

На рисунку 1 наведені криві сушіння рідинних плівок дріжджової суспензії товщиною від 0,5 до 1,5 мм при температурі 60 °С (без обдува). Із цих графіків видно, що процес сушіння практично протікає в двох періодах – постійної та падаючої швидкості сушіння, ділянки яких чітко виділяються на кривих сушіння. Критичний вологовміст  $U_{кр}$ , що уявляє собою границю між першим та другим періодами, збільшується із зростанням товщини плівки. Так, для плівки товщиною 0,5 мм при  $t=60$  °С  $U_{кр}=3$  кг/кг, а для плівки товщиною 1,0 мм  $U_{кр}=5$  кг/кг. Як показали експерименти, при сушінні тонких плівок товщиною 0,25÷0,30 мм  $U_{кр}=2$  кг/кг. Із представлених на рис.1 графічних залежностей також слідує, що при збільшенні товщини плівки вдвічі тривалість сушіння до визначеного вологовмісту також збільшується вдвічі. Так, при температурі повітря 60 °С (без обдува) при товщині плівки 0,5 мм тривалість сушіння до вологовмісту 0,2 кг/кг складає 25 хв, а при товщині 1мм – 50 хв.

На рисунку 2 показані криві сушіння плівок дріжджової суспензії однакової товщини при різних температурах повітря. Із графіків видно, що зі збільшенням температури тривалість сушіння зменшується, а період постійної швидкості процесу подовжується. Однак зі збільшенням температури її вплив на тривалість сушіння стає менш значним, що видно із графіків, представлених на рисунку 3. Графічні залежності на рисунку 3 були одержані перерізом кривих сушіння на рисунку 2 площинами, паралельними вісі абсцис. Із цих графіків видно, що залежність тривалості сушіння плівки від температури повітря нелінійна як для сушіння в першому періоді так і для другого періоду.

На рисунку 4 представлені залежності тривалості сушіння від товщини плівки на підложці для температури повітря 60 °С. Із цих графіків видно, що лінійна залежність тривалості сушіння від товщини плівки зберігається як для першого ( $U_{кр}=5$  кг/кг) так і для другого періоду ( $U_{кр}=0,2$  кг/кг).

Слід відмітити, що кількість випареної вологи із плівки продукту під час другого періоду сушіння набагато менша, чим кількість вологи, що видаляється в першому періоді. Експериментальні дослідження і розрахунки показують, що в середньому при сушінні плівки біля 80% вологи видаляється в першому періоді.

Вплив концентрації сухих речовин в суспензіях на тривалість сушіння не досліджувався.

Проведені дослідження по сушінню дріжджової суспензії на підложці показали, що тривалість сушіння залежить від товщини плівки, температури повітря, швидкості обдува та площі плівки, тобто можливо записати наступну функціональну залежність:

$$\tau_c = f(\delta, t, v, s) \quad (2)$$

Значна кількість експериментів по сушінню плівок на підложці, які були проведені при різних умовах, дозволяє зробити висновок, що в досліджуваному діапазоні зміни параметрів, які входять в рівняння (2), вплив кожного із них на тривалість сушіння не залежить від значень інших параметрів.

Висновки.

Результати експериментальних досліджень кінетики процесу сушіння плівок дріжджових суспензій на інерті розкривають особливості та закономірності, які будуть враховані при подальших як аналітичних, так і фізичних дослідженнях. Перш за все подальші дослідження будуть присвячені вивченню кінетики зростання плівки по товщині при безперервному сушінні розпилювальним способом на інерті та її зв'язку з кінетикою сушіння.

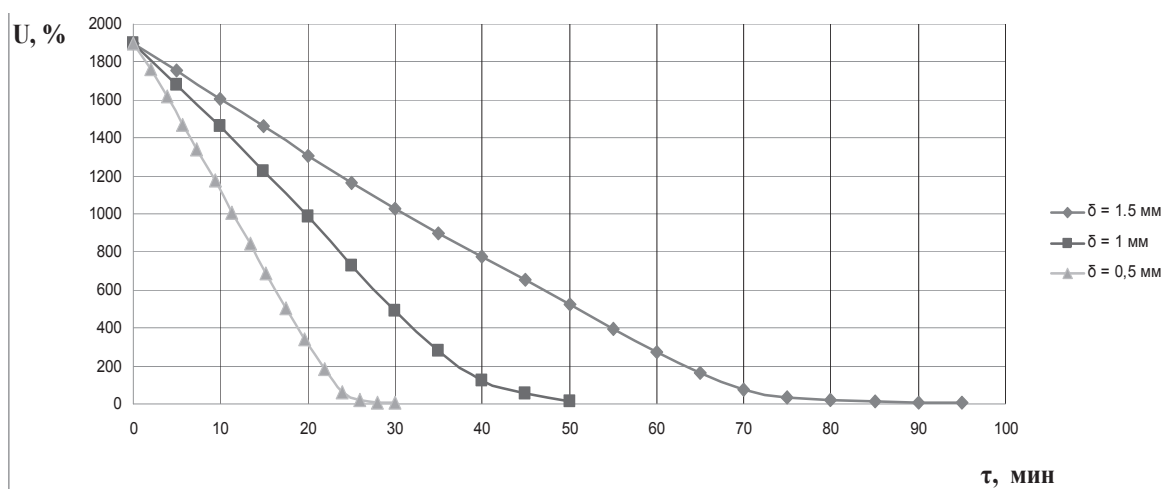


Рис. 1 – Криві сушіння плівки дріжджової суспензії на фторопластовій підложці в залежності від товщини плівки при температурі теплоносія 60 °С

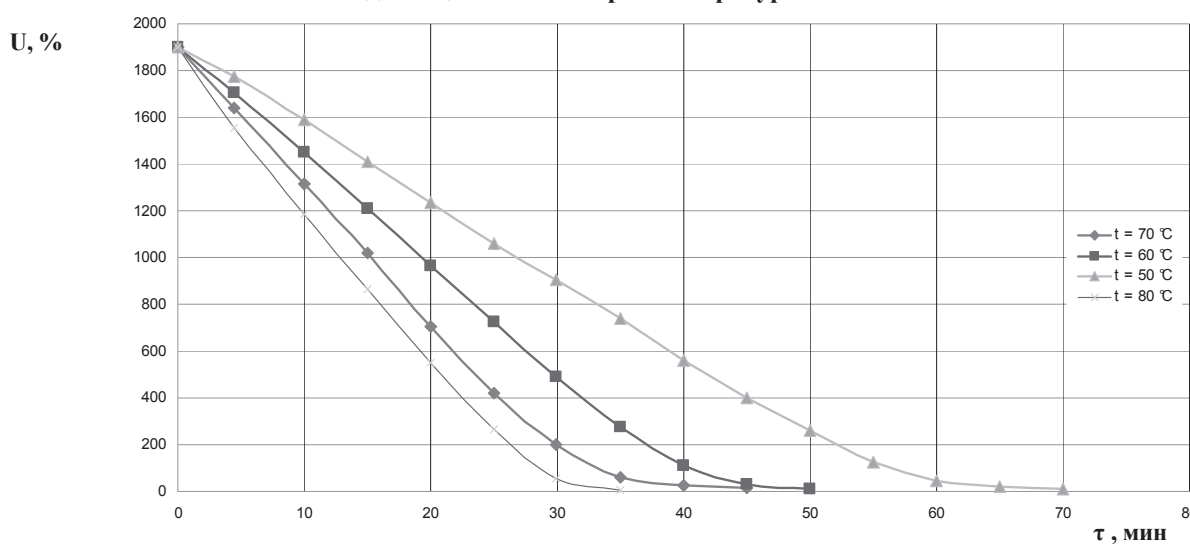


Рис. 2 – Криві сушіння плівки дріжджової суспензії на фторопластовій підложці в залежності від температури теплоносія при товщині плівки 1 мм

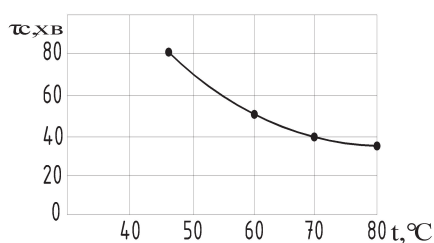


Рис. 3 – Залежність тривалості сушіння плівки від температури при  $\delta=1$  мм

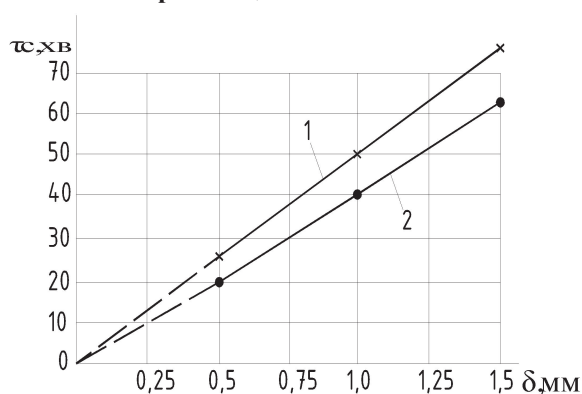


Рис. 4 – Залежність тривалості сушіння плівки дріжджової суспензії від її товщини при температурі повітря 60 °С  
1 — загальна тривалість процесу;  
2 — тривалість першого періоду сушіння

### Література

1. Новаковская С.С. Производство хлебопекарных дрожжей: Справочник / С.С. Новаковская, Ю.И. Шишацкий // М.: Агропромиздат, 1990. – 335с.
2. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л. Загальна технологія харчових виробництв у прикладах і задачах: Підручник / Л.Л.Товажнянський, С.І. Бухкало, П.О. Капустенко // К.: Центр навчальної літератури. 2005. – 496с.
3. Нечаев А.П. Технологии пищевых производств/ А.П. Нечаев , И.С. Шут, О.М.Аношина и др. // М.: Колосс, 2005. – 768с.
4. Цыдендоржиева Г.Р. Расчет продолжительности сушки высоковлажных материалов // Хранения и переработка сельхозсырья №8, 2003. – С. 83 – 85.
5. Справочник по производству спирта. Оборудование, средства механизации и автоматизации / Ю.П. Богданов, В.М. Зотов, С.П. Колосков и др. // М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 480с.
6. Латыпов И.А., Герасимов М.К. Энергосберегающая технология производства сухих кормовых дрожжей // Хранение и переработка сельхозсырья № 10, 2009 – С. 37 -39.
7. Андреев А.А. Производство кормовых дрожжей / А.А. Андреев, Л.И. Брызгалов // М.: Лесная промышленность, 1986 – 168 с.
8. Гулюк Н.Г. Производство сухого кукурузного глютенa / Н.Г. Гулюк, Н.И. Филиппова, Н.Н. Назарова и др. // Пищевая промышленность № 1, 1993 С. 38 – 39.

УДК 664.48, 641.563

## ООБЛИВОСТІ ЕКСТРАГУВАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН У СКЛАДНИХ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМАХ

Козак Н.Н., Жукотський Е.К., Авдєєва Л.Ю., Шаркова Н.О.  
Національна академія наук України  
інститут технічної теплофізики, м. Київ

*Наведені результати досліджень процесу екстракції біологічно-активних речовин зі складної дисперсної системи м'ясо-кісткового фаршу опорно-рухового апарату птиці, на основі якого розроблена технологія виробництва природного білково-мінерального концентрату.*

*The results of researching the process of biologically active substance extraction from the complex disperse system of the meat-bone stuffing maid from the bird efferent apparatus are presented. As the result, the technologies of natural protein-mineral concentrate production are developed.*

**Ключові слова:** колагеномісна сировина, диспергація, дисперсна система, екстракція, тепломасообмінні процеси, харчові технології.

В Україні однією з найперспективніших галузей з виробництва м'ясних продуктів харчування тваринного походження є птахівництво. Птахівництво — скороспілий напрям тваринництва, менш капіталомісткий та більш мобільний в нестійких умовах ринку. Трансформація корму у птиці в 3-4 рази вища, ніж у свиней, великої рогатої худоби та овець, і, як результат — собівартість м'яса птиці найнижча, що є найбільш сприятливим фактором підвищення попиту на цей продукт, доступний навіть для споживачів з невисокими доходами. Щороку об'єми виробництва м'яса цієї галузі збільшуються, тому розробка і впровадження безвідходних технологій переробки дозволить отримати нові біологічно цінні продукти та одночасно підвищити рентабельність виробництва.

Цінним джерелом комплексу таких компонентів можуть бути колагеномісні субпродукти птиці, які містять велику кількість колагену та мінеральних речовин, що на сьогодні переважно використовують для виробництва кормів. Рациональне та ефективне використання цих субпродуктів для створення лікувально-профілактичного харчування є актуальною проблемою, яка потребує нових рішень.

Вихід вторинних продуктів при забої птахів складає до 20 %, з яких майже 30 % припадає на важливу частину опорно-рухового апарату птиці – ноги. Аналіз хімічного складу ніг птахів показує високий вміст білків (18–24 %), мінеральних речовин (5–6 %), жирів (8 %), решта – вода (65 %) [1, 2].

Білок лап птиці представлений в основному колагеном та еластином. [2]. Як відомо, колаген являє собою основний опорний або скелетний білок живого організму і відрізняється від інших білків специфічними особливостями, що забезпечують йому роль структурного матеріалу. Колагенові волокна дуже міцні. Вони здатні витримувати навантаження, що в 10000 раз перевищує їх власну масу. Колагенові волокна за міцністю перевищують сталеву проволочку такого ж поперечного перерізу.