

$$R_{\text{екв}}^2 = \frac{R_1^2 \cdot R_2^2}{R_1^2 + R_2^2 + 0,084 \cdot \frac{R_2^2}{F_{01}}} \quad (19)$$

З останнього рівняння видно, що при розрахунку часу сушіння еквівалентний радіус дорівнює приведеному, тобто

$$S_{\text{пр}} = \frac{S_1 \cdot S_2}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}}, \quad (20)$$

лише при $F_{01} \rightarrow \infty$ і займає проміжне значення між поправками, які вносяться величинами гідравлічного радіусу

$$S_{\Gamma} = \frac{S_1 \cdot S_2}{S_1 + S_2}, \quad (21)$$

та приведенного.

Таким чином, визначення часу сушіння багатомірних тіл може бути заміненим рівнянням часу необмеженої пластини, але в цьому випадку реальні розміри тіла необхідно замінити на еквівалентний радіус $R_{\text{екв}}$ або необхідно врахувати коефіцієнтом на багатомірність тіла C_{Γ} . Варіант з використанням коефіцієнта C_{Γ} є більш простим, оскільки він вводиться в рівняння часу без врахування розмірів тіла. Проте, другий варіант показує, що можна використати теоретичне рівняння часу без введення будь-яких коефіцієнтів, а достатньо використати еквівалентний радіус $R_{\text{екв}}$. Крім того, останній показує на доцільність вибору приведенного або гідравлічного радіуса в розрахунковій формулі часу. Інакше кажучи, переваги в цьому випадку на стороні приведенного радіуса, тобто

$$R_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{R_1^2 \cdot R_2^2}{R_1^2 + R_2^2}} \quad (22)$$

Література

1. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
2. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 336 с.

УДК 66.047 *Инж. О.В. Станіславчук; проф. Я.М. Ханик, д-р техн. наук; ст. викл. Л.З. Білецька, канд. техн. наук; ст. викл. В.П. Дулеба, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"*

СУШІННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПАСТОПОДІБНИХ МАТЕРІАЛІВ

Наведено результати досліджень сушіння хлібопекарських дріжджів фільтраційним методом сушіння суцільного шару матеріалу, із створенням у ньому штучної пористості та комбінованим фільтраційно-контактним методом.

Eng. O.V. Stanislavchuk, Prof. Ya.M. Hanyk, L.Z. Bilec'ka, V.P. Duleba – NU "Lvivs'ka politekhnika"

Drying of biological active paste materials

In entry presentation the result investigation drying yeast of filtration method of drying unbroken layer material, broken material and combination filtration-contact method.

Дуже важливим чинником для життєдіяльності дріжджів, як і для кожного живого організму, є вода. Однак висока вологість цього продукту сприяє його автолізу, порідненню та загиванню. Тому проблема зберігання пресованих дріжджів існує і сьогодні. Для створення необхідних умов зберігання цього продукту (температура 0-4 °С, відносна вологість повітря 82-96 %) сховища та транспортні засоби обладнують холодильними камерами. Але і за найкращих умов зберігання якісні показники дріжджів погіршуються вже через десять днів. Тому виробництво сухих дріжджів має важливе значення для харчової промисловості.

Сухі пекарські дріжджі можуть зберігатись при кімнатній температурі протягом шести місяців без значної втрати життєздатності та без руйнування їх гнилісними бактеріями.

Для сушіння дріжджів застосовується переважно конвективний метод сушіння. Ми досліджуємо доцільність використання фільтраційного методу для сушіння такого біологічно активного пастоподібного матеріалу як дріжджі. Вологий шар пастоподібного матеріалу має великий гідравлічний опір, тому для забезпечення відповідної швидкості профільовування теплоносія через шар матеріалу необхідно створювати значні перепади тиску, що негативно впливає на якість готового продукту – це призводить до зростання кількості мертвих клітин. Підведення значної кількості теплоти до матеріалу при малих швидкостях фільтрування вимагає збільшення температури теплоносія, що є неприпустимим для сушіння такого термолабільного матеріалу. Застосування теплоносія з низькою температурою для даного способу сушіння значно збільшує тривалість процесу.

Перфорування шару матеріалу, яке полягає у створенні штучної структури, дозволяє зменшити його гідравлічний опір, збільшити швидкість підведення тепла до вологого матеріалу. Нами було досліджено гідродинаміку та кінетику сушіння у випадку суцільного шару біологічно активної маси за наявності штучної пористості (від 0.66 до 10 %). Результати досліджень представлені на рис. 1 та 2.

У випадку сушіння суцільного шару матеріалу (крива 4), при висиханні поверхні його шару за рахунок усадкових явищ починається процес тріщинотворення в матеріалі, характерною особливістю якого в даному випадку є виникнення тріщин значних розмірів, але невеликої їх кількості. Одночасно відбувається різке зменшення перепаду тисків, але інтенсивність сушіння залишається низькою, оскільки процес залежить від швидкості сушіння ділянок матеріалу між тріщинами, лімітуючою стадією якого є молекулярна дифузія.

У випадку сушіння матеріалу із штучною пористістю (криві 1-3), процес характеризується двома схожими періодами. Перший період – це різке

зменшення гідралічного опору після створення в шарі штучної пористості, відповідно – зростання проникності шару матеріалу, сповільнення швидкості зменшення гідралічного опору наприкінці періоду пояснюється утворенням на поверхні матеріалу непроникної плівки.

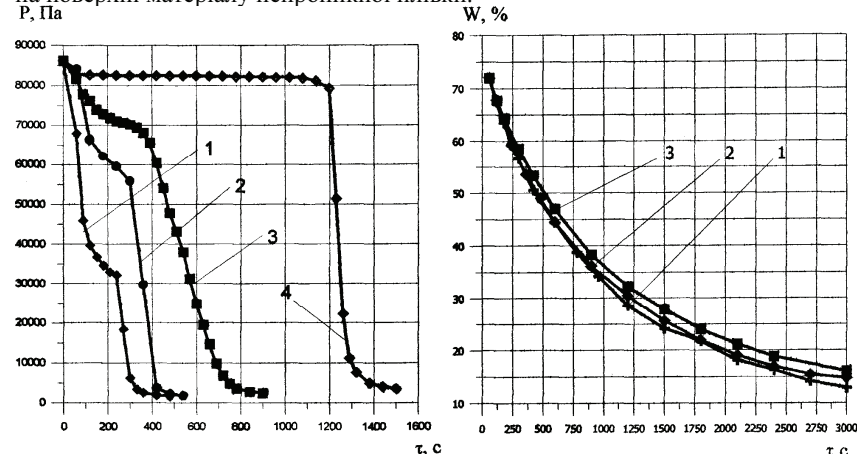


Рис. 1. Зміна перепаду тиску для суцільного шару матеріалу та із створеною у ньому штучною пористістю і при температурі теплоносія 50 °С: 1 – $S = 10\%$, 2 – $S = 5\%$, 3 – $S = 0.66\%$, 4 – суцільний шар матеріалу

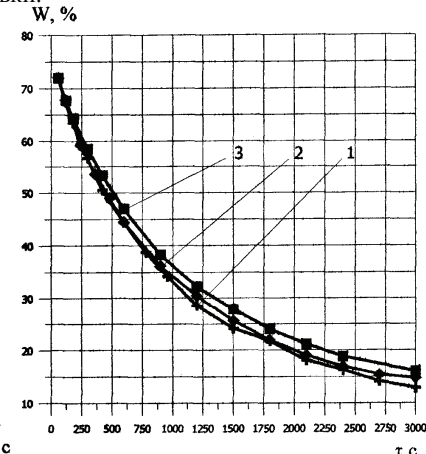


Рис. 2. Кінетика сушіння напостподібного біологічно активного матеріалу при температурі теплоносія 50 °С та наявності в шарі штучної пористості: 1 – $S = 0.66\%$, 2 – $S = 1.32\%$, 3 – $S = 10\%$

Початок другого періоду також характеризується різким зменшенням перепаду тисків. Це пояснюється тим, що проявляються усадкові явища, які призвели в даному випадку до утворення рівномірної сітки тріщин незначних розмірів, але великої їх кількості. Тобто, значно зросла поверхня контакту теплоносія і висушуваного матеріалу (поверхня тепломасообміну) та збільшилась проникливість шару матеріалу. Таке явище сприяє інтенсифікації сушіння через зменшення опору молекулярній дифузії вологи до мікротріщин.

На рис. 2 представлені кінетичні криві сушіння досліджуваного матеріалу. Незважаючи на різний живий перетин штучної перфорації, кінетичні криві майже співпадають. Це явище пояснюється тим, що значення сумарного живого перетину утворених внаслідок усадкових явищ мікротріщин значно перевищує значення живого перетину штучної перфорації. Рівномірність мікротріщин залежить від живого січення штучної пористості на початку процесу, що позитивно відображається на кінетиці сушіння.

Збільшити поверхню тепломасообміну нам дозволило розташування у перфорованому шарі матеріалу металевої сітки. Тобто сушіння проводилось комбінованим фільтраційно-контактним методом. Тепло передавалось матеріалу як теплоносієм, що профільтовувався через шар перфорованого матеріалу, так і нагрітою цим теплоносієм сіткою. Результати досліджень представлені на рис. 3, 4.

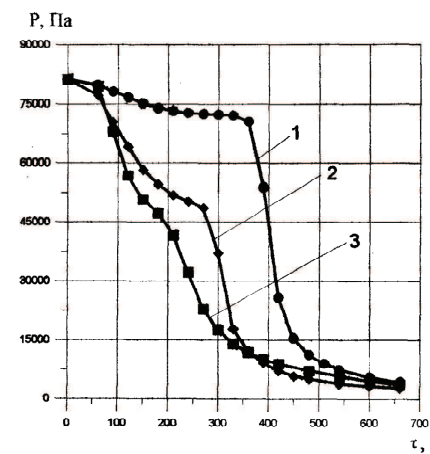


Рис. 3. Зміна перепаду тиску для шару матеріалу за наявності контактного нагрівання та різної величини штучної пористості: 1 – 0.16 %, 2 – 0.67 %, 3 – 1.9 %

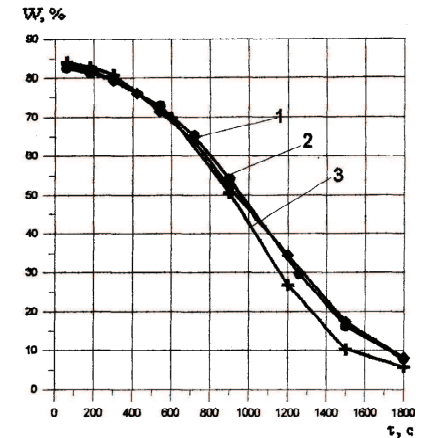


Рис. 4. Залежність кінетики сушіння матеріалу за наявності контактного нагрівання від ступеню створеної у його шарі пористості: 1 – 0.16 %, 2 – 0.67 %, 3 – 1.9 %

Наявність кондуктивного нагрівання шару матеріалу металевою сіткою при одночасному проходженні через нього теплоносія призводить до зростання інтенсивності сушіння у два рази.

Подальші наші дослідження спрямовані на збільшення поверхні тепломасообміну за рахунок зміни конструкції металевої сітки, яка забезпечить підведення тепла по всій висоті шару висушуваного матеріалу.

Література

1. Гинзбург А.С. Технология сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая пром-сть, 1976. – 248 с.

УДК 66.047

Доц. В.І. Топчий, канд. техн. наук; проф. Я.М. Ханик, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ КАРТОНІВ

Наведено результати досліджень основних закономірностей фільтраційного сушіння фільтрувальних картонів при застосуванні високотемпературного теплоносія (473–673 К) з аналізом механізму процесу.

Doc. V. Topchiy, prof. Ya. Hanyk – NU "Lvivska Politekhnik"

Experimental researches of laws filtrational drying of filtering cardboards

The results of the basic laws of filtrational drying filtering cardboards at use of the high-temperature heat-carrier (473–673 K) with the analysis of the mechanism of process.