

ЯК ДОСТОВІРНО РОЗРАХУВАТИ КОЕФІЦІЄНТ

внутрішнього перенесення вологи в кукурудзяних зародках

Ю ЛУЦИК,
кандидат технічних наук
А.КОРОЛЬ,
доктор фізико-математичних наук
Б.ВЕРЬЦЬКИЙ, А.ШАРАН,
доктори технічних наук
Національний університет
харчових технологій

перенесення вологи продуктами при гіротермічній обробці залежить від їх колоїдно-фізичних властивостей, форм зв'язку вологи з твердою фазою і поровою структурою. Тому гіротермічна обробка продуктів потребує глибокого дослідження їх структури.

Основними характеристиками побудови зв'язно-дисперсних матеріалів є загальна об'ємна пористість, розміри пор і функція їх розподілу за розмірами. В роботі використано метод визначення інтегральної та диференціальної кривих розподілу пор за їх розмірами та кривих адсорбції парів води досліджуваними продуктами. Він придатний як для тіл з жорстким скелетом твердої фази, так і для матеріалів з обмеженим набуханням. Досліджено порову структуру кукурудзяних зародків, які використовуються як цінні харчові добавки в кондитерській галузі.

Вихідною для визначення порової структури використовували ізотерми адсорбції парів води досліджуваним об'єктом. Спочатку отримували інтегральну функцію розподілу мікропор за їх розмірами $F(r)$ (рис. 1), а потім диференціюванням інтегральної функції $F(r)$ одержували криву розподілу мікропор за їх розмірами $f(r)$ (рис. 2). Наведені залежності одержано при температурі 293 і 313 К. Як

видно з рис. 1, інтегральний розподіл об'ємів є майже лінійним від $r = 15 \cdot 10^{-10}$ до $90 \cdot 10^{-10}$ м. Подальше зростання інтегральної функції розподілу вказує на значні зміни об'єму мікропор. Підвищення температури зразка до 313 К призводить до зменшення абсолютних значень $F(r)$.

З рис. 2 бачимо, що майже 90 % усіх мікропор кукурудзяних зародків припадає на пори з радіусами від $r = 15 \cdot 10^{-10}$ до $90 \cdot 10^{-10}$ м. Найбільше мікропор радіусами $r = 37 \cdot 10^{-10}$ та $67 \cdot 10^{-10}$ м. За розмірів мікропор понад $90 \cdot 10^{-10}$ м спостерігається одноманітне зменшення $F(r)$. При підвищенні температури зразків значення $f(r)$ знижується в усьому досліджуваному діапазоні розмірів мікропор. Це може бути спричинено набуханням і збільшенням ймовірності структурних змін зразків.

Більшість харчових продуктів є складними дисперсними системами, які можна віднести до колоїдних капілярно-пористих тіл з різними формами зв'язку. З ізотерм адсорбції парів води кукурудзяних зародків визначено кількість адсорбованої зв'язаної вологи мономолекулярного шару U_m , яка становить 1,9 % при $T = 293$ К і 1,45 % за $T = 313$ К та полімолекулярного шару U_n , що дорівнює 2,5 % при 293 К і 2,0 % за 313 К. Максимальна гігроскопічна волога U_h становить 31,8 % при 293 К і 31,3 % за 313 К. Внутрішнє перенесення вологи в кукурудзяних зародках визначається ефузією пари в мікропорах. Аналізуючи мікропорову структуру зразків, можна визначити еквівалентні радіуси мікропор r_e за формулою:

$$r_e = \frac{1}{r_{\max} - r_0} \cdot \int_{r_0}^{r_{\max}} f(r) \cdot dr \quad (1)$$

Якщо мікропори, по яких проходить пара, частково заповнені водою, то при збільшенні вологовмісту U зразка, r_e буде лінійно зростати через наявність під інтег-

ралом множника r . Для кукурудзяних зародків при $T = 293$ К $r_e = 15,25 \cdot 10^{-10}$ м, а $T = 313$ К $r_e = 16,79 \cdot 10^{-10}$ м. Отже, при зростанні температури величина r_e збільшується, що можна пояснити, на нашу думку, набуханням зразків. За відомими значеннями r_e ми розраховували коефіцієнти ефузії a_e та термічної ефузії a_{et} пари в кукурудзяних зародках формулами:

$$a_e = \frac{1}{r_0} \cdot 1,064 \cdot r_e \cdot \sqrt{\frac{M}{R}} \cdot \left(\frac{dZ}{dU} \right)_T \quad (2)$$

$$a_{et} = \frac{1}{r_0} \cdot 1,064 \cdot r_e \cdot \sqrt{\frac{M}{R}} \cdot \left(\frac{dZ}{dT} \right)_U \quad (3)$$

На рис. 3 показано залежність коефіцієнта a_e від вологовмісту зразків U при температурі $T_1 = 293$ К (крива 1) та $T_2 = 313$ К (крива 2). З рис. 3 видно, що зміна a_e в обох випадках майже однакова. Найбільші значення коефіцієнта a_e маємо при вологовмісті U зразка, наближеного до U_n . Зростання U зародків призводить до зменшення значень a_e . Починаючи від $U = 15$ %, коефіцієнти a_e набувають найменших значень і залишаються сталими до $U = 30$ %. З рис. 3 (крива 2) можна також бачити, що в ізотермічних умовах підвищення температури зразка веде до зростання a_e .

На рис. 4 наведено залежність коефіцієнта термічної ефузії a_{et} від температури T при сталих значеннях вологовмісту U в зразках: крива 1 - $U = 1,95$ %, крива 2 - $U = 4,0$ %, крива 3 - $U = 10$ %. З рис. 4 видно, що a_{et} має вищі значення при збільшенні вологовмісту й зростає при підвищенні температури, що можна пояснити збільшенням частки пари у внутрішньому перенесенні вологи в кукурудзяних зародках. Знайдені коефіцієнти вологоперенесення можна використати для визначення оптимальних режимів гіротермічної обробки продуктів, у яких використовуються кукурудзяні зародки.

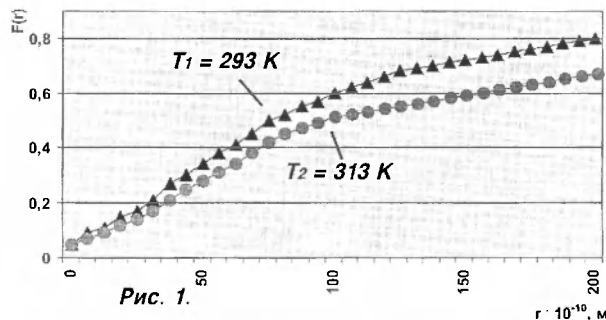


Рис. 1.

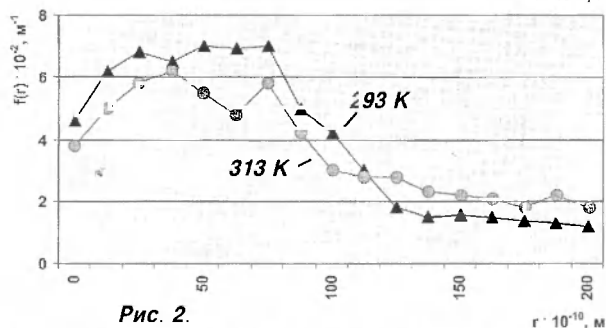


Рис. 2.

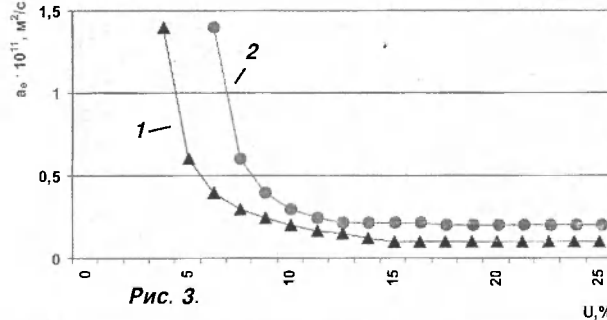


Рис. 3.

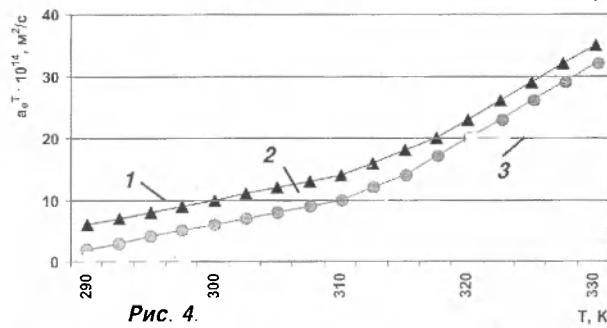


Рис. 4.