

УДК 664.723

© С.Г.Панасюк, к.т.н.

Луцький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ СУШІННЯ ЗЕРНА ТА КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ

Приведено аналітичні залежності для визначення швидкості сушіння зерна та качанів кукурудзи. Висвітлено результати експериментальних досліджень, що дають змогу встановити параметри, які впливають на швидкість сушіння качанів кукурудзи.

СУШІННЯ, КАЧАН КУКУРУДЗИ, ЗЕРНО, ВОЛОГОВМІСТ, ВОЛОГОПРОВІДНІСТЬ, ШВИДКІСТЬ СУШІННЯ.

Постановка проблеми. Вміст вологи в зерні кукурудзи визначає терміни його зберігання. У зерні високої вологості створюються сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів, активується процес дихання, прискорюється обмін речовин, що в кінцевому результаті викликає втрату якісних та кількісних показників. Тривале зберігання зерна кукурудзи можливе при введенні його у стан анабіозу, при якому процеси життєдіяльності зерна будуть загальмовані або сповільнені. Стійкого до зберігання стану можна добитися зниженням вологості зерна шляхом сушіння.

Сушіння зерна кукурудзи є досить складним тепломасообмінним процесом. Щоб розкрити його сутність, а також виявити вплив на якісні характеристики зерна, необхідно враховувати будову, хімічний склад зернини, а також види зв'язку вологи в зернині.

Крім того, сушіння вимагає великих витрат енергії і є дорого вартісним процесом. Зменшити витрати на сушіння дозволить врахування особливостей будови зерна кукурудзи, дослідження процесу тепломасообміну в шарі зерна та правильний вибір режимів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню процесу конвективного сушіння зерна та качанів кукурудзи присвячені роботи С.Д.Птіцина, М.Г.Голіка, В.С.Уколова, В.І.Атаназевича, С.Д.Черних, Н.Сулейменова, С.Р.Кірницького та багатьох інших [1-5]. Вони дозволили встановити технологічні параметри процесу сушіння в нерухомому товстому шарі, вплив температури сушильного агента на тривалість сушіння.

На теперішній час розроблено багато рекомендацій щодо технології та режимів сушіння зерна кукурудзи різного призначення. Разом з тим існує необхідність пошуку шляхів зниження енерговитрат

на проведення процесу з врахуванням особливостей сушіння зерна та качанів кукурудзи.

Мета дослідження – провести дослідження швидкості сушіння зерна та качанів кукурудзи з метою встановлення шляхів зниження енерговитрат на проведення процесу.

Результати дослідження. Головна особливість сушіння зерна кукурудзи полягає у його низькій вологовіддачі порівняно із зерном інших зернових культур, яка обумовлена будовою та хімічним складом зерна. Волога в зернині розподіляється нерівномірно і її кількість змінюється залежно від ступеню зрілості зерна. Структура плодової оболонки зерна кукурудзи дуже щільна, що перешкоджає випаровуванню вологи.

Випаровування вологи із зерна кукурудзи проходить переважно через зародок, розташований біля основи зернини у місці її кріплення до стрижня [2]. У кожній зернині відбуватиметься процес видалення вологи аналогічно об'ємним тілам (рис. 1).

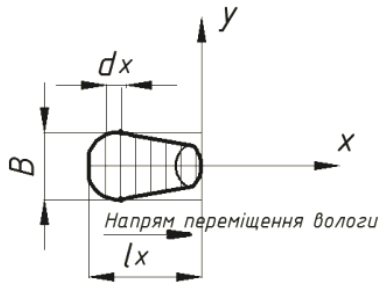


Рис. 1 – Схема переміщення вологи у зерні кукурудзи

Вологовміст зернини в зоні сушіння визначатиметься за формулою [6]:

$$X = \frac{m_{\text{вк}}}{m_{\text{сх}}}, \quad (1)$$

де $m_{\text{вк}}$ - маса вологи в зернині, кг;

$m_{\text{сх}}$ - маса сухої речовини в тій самій зернині, кг.

Для обґрунтування процесу конвективного сушіння зерна кукурудзи необхідно встановити його фізичні закономірності. У перший період сушіння буде відбуватися перерозподіл вологи

всередині зернини [7]. У результаті капілярного перенесення вологи у зону її випаровування буде виникати різниця вологовмісту у різних точках зернини. Для цього періоду сушіння процес вологоперенесення можна виразити диференціальним рівнянням:

$$\frac{d^2 X}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dX}{dr} = \frac{1}{\chi} \frac{dX}{d\tau}, \quad (2)$$

де r – середній радіус зернини, м;
 χ – коефіцієнт вологопровідності, м²/год;
 τ – час сушіння, год.

Вологовміст зерна кукурудзи в певний період часу, враховуючи його початковий вологовміст, можна отримати з розв'язку рівняння (2), попередньо прийнявши швидкість випаровування вологи з поверхні матеріалу сталою величиною:

$$X = X_0 - \frac{g_{D1}}{2\chi\gamma \cdot r^2} r^2 - \frac{3g_{D1}}{\gamma \cdot r^2} \tau, \quad (3)$$

де γ – об'ємна вага сухого матеріалу, кг/м³;
 r – радіус найвіддаленішої точки зернини, м,
 g_{D1} – швидкість сушіння зерна кукурудзи у першому періоді, яка визначиться, як:

$$g_{D1} = -\chi\gamma \left[\frac{dX}{dr} \right] \quad (4)$$

Для цього періоду характерним є те, що швидкість сушіння є величиною постійною.

У другому періоді сушіння волога у вигляді пари буде дифундувати всередині зернини та переміщатися у зону випаровування. Швидкість сушіння буде поступово падати.

При сушінні качанів кукурудзи їх слід розглядати як двокомпонентні тіла. Особливості будови качанів кукурудзи при їх сушінні вимагають значних витрат сушильного агента, які залежать від різниці вологовмісту стрижня X_c і зерна X_z у місці видалення вологи із зерна.

Швидкість сушіння можна визначити за формулою [8]:

$$-\frac{dX}{d\tau} = K_c (X_n - X_p), \quad (4)$$

де K_c – коефіцієнт сушіння качанів кукурудзи;

X_n – бажане значення вологовмісту у матеріалі, кг/кг;

X_p – значення вологовмісту, яке є рівним критичному вологовмісту матеріалу у першій критичній точці, кг/кг.

Вираз для визначення коефіцієнта сушіння матиме вигляд:

$$K_c = - \frac{\ln \left(\frac{\xi X_2 - X_p}{\xi X_1 - X_p} \right)}{\Delta \tau}. \quad (5)$$

де $\Delta \tau$ – час вирівнювання вологовмісту за висотою качана, год.

ξ – коефіцієнт, який враховує початкові значення вологовмісту окремих складових качана (зерна та стрижня). Його можна розрахувати за формулою:

$$\xi = \frac{X_c \cdot (-\lambda) + X_s \cdot \lambda}{X_s}, \quad (6)$$

де X_c і X_s - відповідно початковий вологовміст стрижня та зерна качана кукурудзи, кг/кг;

λ – коефіцієнт, який враховує відношення мас зернової та незернової частин качана кукурудзи:

$$\lambda = \frac{m_s}{m_s + m_c}, \quad (7)$$

де m_s і m_c - середні значення мас зерна та стрижня, кг.

З метою встановлення шляхів зниження енерговитрат на проведення процесу сушіння качанів кукурудзи було проведено дослідження швидкості сушіння цілих качанів кукурудзи, частинок качанів, довжиною співрозмірною з їх діаметром, та обрушеного зерна. За результатами проведених досліджень було отримано графічні залежності, які відображають процес їх сушіння (рис.2).

Дослідженням було встановлено, що найвищою є швидкість сушіння обрушеного зерна, а найнижчою – цілих качанів кукурудзи. Але обрушування зерна при високій початковій вологості призводить до значних механічних пошкоджень, тому необхідно проводити сушіння зерна кукурудзи в качанах. Отримані результати показали, що на швидкість сушіння впливають геометричні параметри матеріалу.

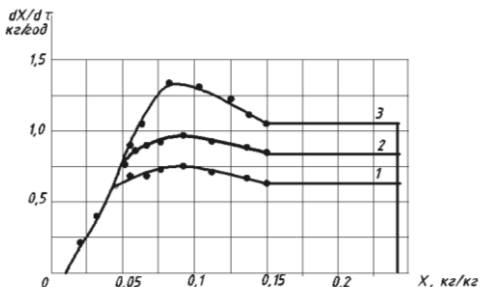


Рис. 2 – Криві швидкості сушіння: 1 – цілих качанів кукурудзи; 2 – частинок качанів довжиною, співрозмірною з їх діаметром; 3 – обрешеного зерна.

Висновки. Для зменшення енерговитрат на процес сушіння качанів кукурудзи пропонується виконувати їх попередню підготовку до сушіння шляхом поділу на частини довжиною, співрозмірною з їх діаметром. Це забезпечить збільшення площі контакту матеріалу з сушильним агентом та дозволить збільшити швидкість його сушіння.

Література

1. Атаназевич В.І., Станкевич Г.М. Сушіння зерна. – Київ: Либідь, 1997. – 352с.
2. Голик М.Г. Хранение и обработка початков и зерна кукурузы. – М.: Колос. –1968. – 331 с.
3. Кирницкий С.Р. Определение предельно допустимых температур нагрева зерна при противоточном способе сушки и переменных режимах сушки початков кукурузы // Зб. наук. праць. Т.IX. – К.: Видавництво НАУ, 2000. – с. 298-305.
4. Сулейменов Н. Энергосберегающий способ сушки кукурузы в початках. Автореф. дис... канд.тех наук: 05.20.01. – М.:1990 – 23 с.
5. Уколов В.С. Сушка кукурузы.- М.: Колос, 1964.
6. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность. –1979. – 528 с.
7. Кришер О. Научные основы техники сушки. – М.: Изд-во иностранной литературы. –1961. – 535 с.
8. Дідух В.Ф., Панасюк С.Г. Дослідження технологічних параметрів процесу сушіння качанів кукурудзи // Вібрації в техніці та технологіях. №4. –2005. – С.22-23.

Рецензент д.т.н. В.Ф. Дідух