

Концентрація вологи і цукрів по радіальному перерізу груші під час сушіння



Анотація. Описано процес сушіння груш за різних температур. Розглянуто стадії процесу сушіння, зміни вологи та вмісту цукрів по об'єму плода груші. Показано, що зміна концентрацій вологи і цукрів під час сушіння за температури сушильного агента 30 °С відповідають кінетиці зневоднення капілярно-пористих тіл. У готовому продукті концентрації вологи і цукрів значно різняться за об'ємом плода.

Ключові слова: Сушіння, кінетика, груші, вологовміст, цукри.

Исследование изменения концентрации влаги и сахаров по радиальному сечению груши при сушении.

Анотация. Описан процесс сушки груш при различных температурах. Рассмотрены стадии процесса сушки, изменения влагосодержания и содержания сахаров по объему плода груши. Показано, что изменение концентраций влаги и сахаров во время сушки при температуре сушительного агента 30 °С соответствуют кинетике обезвоживания капиллярно-пористых тел. В готовом продукте концентрации влаги и сахаров значительно различаются по объему плода.

Ключевые слова: Сушение, кинетика, груши, влагосодержание, сахара.

Study of changes in moisture and sugars concentration along a radial section of pear during drying.

Abstract. The process of drying pears at different temperatures. Considered stage of drying, moisture changes and sugar content by volume fetal pears. It is shown that the change in concentration of moisture and sugars during drying at the temperature of the drying agent 30 °C correspond to dehydration kinetics of capillary-porous bodies. In the final product concentration of moisture and sugars vary considerably by volume of the fetus.

Key words: drying, kinetics, pears, moisture content, sugars.

О.БЕССАРАБ, В.ШУТЮК,

кандидати техн. наук

О.ШЕВЧУК, магістрант

Національний університет
харчових технологій

В.ВАСИЛІВ, канд. техн. наук,

Національний університет
біоресурсів і природокористу-
вання України

Важливу галузю збільшення обсягів виробництва та розширення асортименту сушених продуктів є консервна промисловість.

В Україну експортується багато різноманітних сушених продуктів, тому питання власного виробництва стоїть надзвичайно гостро [1, 3]. Зрозуміло, що виробництво і скорочення імпортування екзотичних для нашого клімату сухих продуктів економічно недоціль-

не. Разом з тим, обсяги ввезення сушених овочів, грибів і сухофруктів потребують істотного зменшення.

Перспективними фруктами для сушіння є груші. Сушені груші — це дуже цінні для споживання продукти. Проте, їх виробництво в нашій країні обмежене через складність і тривалість промислового виробництва, яке потребує значних затрат ручної праці та забезпечення спеціальних умов висушування [2].

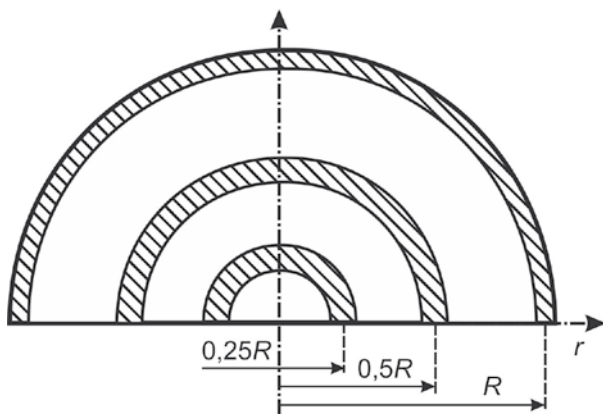


Рис. 1. Схема відбирання проб по радіальному перерізу груші під час сушіння.

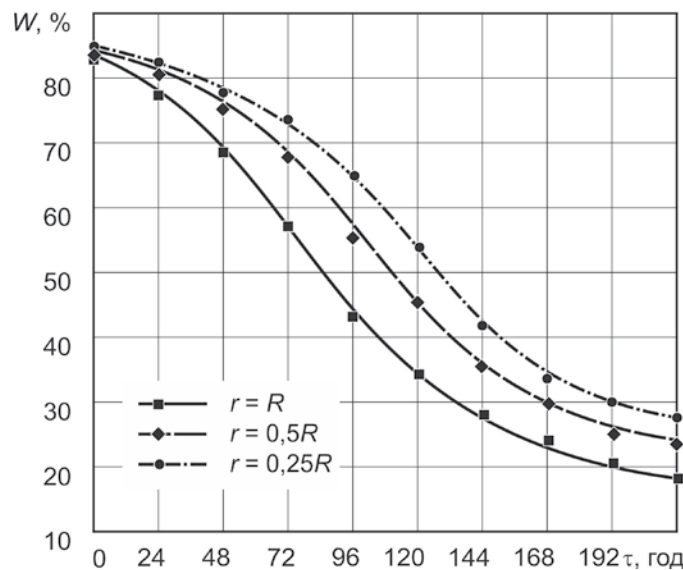


Рис. 2. Зміна вологовмісту по перерізу груші під час сушіння.

Сушіння є одним із найскладніших процесів оброблення фруктової сировини і найменш дослідженим з огляду на труднощі створення математичної моделі одночасно руху теплових потоків, сухих речовин та води [5]. Також процес сушіння може негативно позначатися на хімічному складі та харчовій цінності висушеного продукту [6, 7]. Переважна більшість наведених в літературі даних, пов'язаних із сушінням фруктів та овочів, мають усереднені відомості, що не повністю відображає характер змін, що відбуваються у плодах, зокрема у грушах. Варто зазначити, що у виробництві сушених груш важливим є процес вирівнювання вологовмісту після сушіння, який триває 10–12 діб, і недостатньо досліджений.

Головна мета сушіння в харчовій промисловості — збереження виробленої сировини. Зниження вологовмісту запобігає перебігу мікробних і

ферментативних процесів, або значно їх гальмує. Для адаптування традиційних режимів сушіння груш до промислових умов та отримання продуктів високої якості треба детальніше дослідити процеси, які відбуваються

протягом отримання сухих продуктів [4]. Тому дослідження кінетики сушіння має важливе значення для розроблення адекватних моделей технології. Дослідження сушіння конвективним способом проводили з використанням сушильної шафи DNG-9035A з місткістю камери 30 л та максимальною споживаною потужністю 850 Вт. Сушарка дає змогу забезпечувати температуру сушильного агента в межах 5–300 °C з дискретністю її завдання 0,1 °C.

Для дослідів брали груші Бере Київська згідно з ГОСТ 21713–76 «Груши свежие поздних сроков созревания. Технические условия», які промивали і очищали від шкірки (максимальний діаметр 0,03–0,035 м). Для аналізу вмісту води і цукрів проби відбирали на трьох радіальних рівнях плода: 0,25R, 0,5R і R (рис. 1). Максимальний радіус R

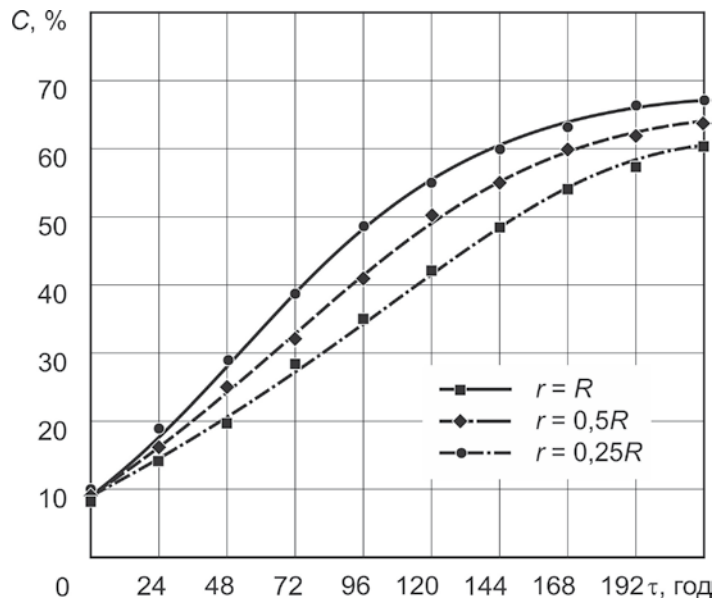


Рис. 3. Зміна концентрації цукрів по перерізу груші під час сушіння.

змінюється за рахунок усушування, тому реальні значення точок відбору проб треба розглядати як відносні. Недоцільно також визначати вміст води і цукрів у центрі плода через наявність насіннєвої камери. Всі експерименти проводили до досягнення вологовмісту продукту нижче 20 % згідно з ГОСТ 28502–90 «Фрукты семечковые сушеные. Технические условия».

Під час лабораторних досліджень вологовміст у плодах груші визначали за ГОСТ 28561–90 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги», а вміст загальних редукованих цукрів — за методикою визначення рефрактометричним способом відповідно з ГОСТ 8756.13–87 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров».

Результати досліджень. У Національному університеті харчових технологій проведені дослідження зміни вологовмісту та вмісту цукрів в об'єм плода груші під час сушіння за температури 30 °C. Результати досліджень показали постійне зменшення вологовмісту по всьому перерізу плода впродовж усього процесу сушіння (рис. 2). У першому періоді сушіння більші значення швидкості зневоднення відповідають поверхневим шарам плода ($r = R$) порівняно з центральними ($r = 0$). Проте, у кінці

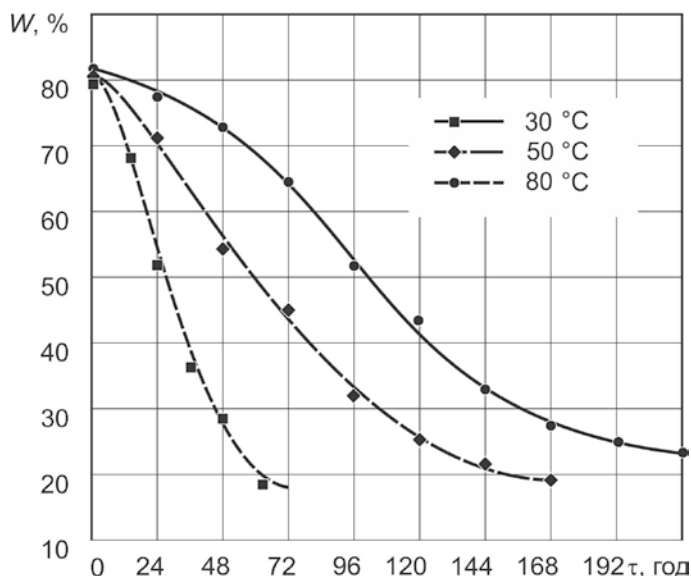


Рис. 4. Зміна вологовмісту груші під час сушіння за різних температур сушильного агента.

процесу значення швидкості зневоднення на поверхні груші та в її центрі практично вирівнюються.

Упродовж усього процесу також спостерігається поступове підвищення концентрації цукрів, по всьому перерізу плода, але вищі значення притаманні поверхневим шарам, а не центральним (рис. 3). У сухому продукті концентрація цукрів має більш виражену неоднорідність по перерізу, ніж вологовміст.

У першому періоді процесу сушіння (0–96 год) спостерігається збільшення різниці вологовмісту у поверхневих і внутрішніх шарах плода на 22–24 %. Більш швидке зневоднення поверхневих шарів пояснюється значно коротшим шляхом дифузії води порівняно з внутрішніми. Зменшення вологовмісту в поверхневих шарах прогнозовано призводить до передбачуваного збільшення різниці у концентрації цукрів на 13–14 %.

У другому періоді сушіння (96–144 год), спостерігається відносно стабільна зміна вологовмісту та кон-

центрації цукрів по всьому перерізу груші.

У третьому завершальному періоді процесу (144–192 год) вологовміст інтенсивно зменшується в центрі плода на фоні незначної зміни на периферії, а різниця між ними зменшується до 8 %. Це зумовлено досягненням такого вологовмісту на периферії продукту, який відповідає практично повному вилученню вільної води. Водночас збільшується швидкість дифузії води з центру груші в периферійні шари з подальшим випаровуванням в навколишнє середовище. Внаслідок різкого зниження вмісту води в центрі плода збільшується концентрація цукрів. Відбувається також незначне зростання концентрації цукрів у поверхневих шарах груші, а в кінці процесу сушіння між поверхневими і внутрішніми шарами за цим параметром різниця була на рівні 7 %.

Зі збільшенням температури сушильного агента криві кінетики сушіння набувають більш вираженої форми, яка відповідає зневодненню капілярно-порис-

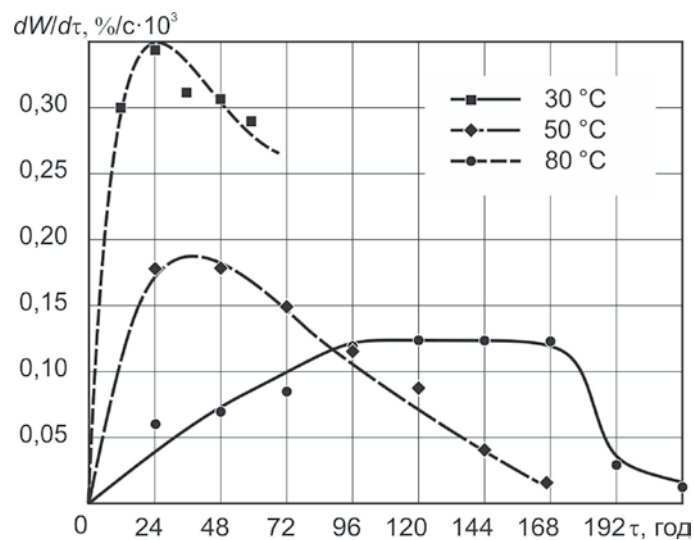


Рис. 5. Кінетика зміни вологовмісту груші під час сушіння за різних температур сушильного агента.

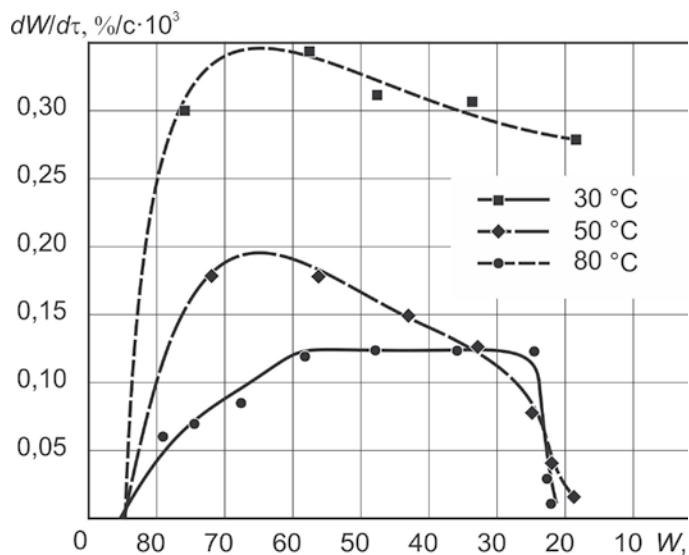


Рис. 6. Кінетика зміни вологовмісту залежно від концентрації сухих речовин у груші під час сушіння за різних температур сушильного агента.



тих колоїдних матеріалів (рис. 4). Крім того, для вищих температур сушильного агенту швидкість зневоднення значно зростає. Так, сушіння груші за температур 30, 50 і 80 °C триває відповідно 216, 150 і 60 год.

За різних температур сушильного агента змінюється тривалість періоду постійної швидкості сушіння зразків (рис. 5).

Зокрема, за температури сушильного агента 30 °C період постійної швидкості має яскраво виражену ділянку на відрізку від 96 до 160 год. Під час сушіння за температур 50 і 80 °C спостерігається спочатку період швидкого нагрівання, відповідно, 38 і 24 год. Після цього швидкість зневоднення поступово знижується і, в обох випадках, період постійної швидкості практично зникає.

Криві зміни вологовмісту залежно від концентрації сухих речовин груші за різних температур (рис. 6) показують, що найбільша швидкість зневоднення досягається в межах від 30 до 40 % сухих речовин. Крім того, в кінці процесу сушіння швидкості зневоднення за температур 30 і 50 °C майже не відрізняються та становлять $(0,01-0,02) \cdot 10^{-3} \text{ \%}/\text{с}$, а за температури 80 °C мають на порядок вищі значення — $0,3 \cdot 10^{-3} \text{ \%}/\text{с}$.

Висновки. Результати досліджень показують прогнозоване постійне зменшення вологовмісту і збільшення концентрації цукрів по всьому перерізу плода впродовж процесу сушіння за температури повітря 30 °C. З іншого боку, процеси внутрішньої дифузії призводять до значної різниці концентрацій вологи

та цукрів у поверхневих і внутрішніх шарах, які досягають максимальних значень вологовмісту 22–24 % і концентрації цукрів 13–14 %, а в кінці процесу становлять відповідно, 8 і 7 %. Тому, для забезпечення вирівнювання концентрацій цукрів та вологовмісту сушені груші треба додатково витримувати тривалий час.

За температури сушильного агента 30 °C період постійної швидкості процесу сушіння має яскраво виражену ділянку на відрізку від 96 до 160 год, а за температур 50 і 80 °C періоду постійної швидкості практично немає. Найбільша швидкість зневоднення для всіх температур сушильного агента досягається за наявності у плоді 30 до 40 % сухих речовин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анализ рынка сушеных овощей и фруктов в России в 2007—2011 гг, прогноз на 2012—2016 гг. — *BusinesStat*. — 65 с.
2. Бессараб О.С. Технологія сушіння плодів та овочів : конспект лекцій для студ. спец. 7.091706 ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: О.С. Бессараб, В.В. Шутюк. — К.: НУХТ, 2002. — 84 с.
3. Снежкін Ю.Ф. Харчові порошки з рослинної сировини. Класифікація, методи отримання, аналіз ринку / Ю.Ф. Снежкін, Ж.О. Петрова. — К.: Біотехнологія. — 2010. — № 5. — Т. 3. — С. 31—42.
4. Шутюк В.В. Вплив способів і технологій сушіння на споживчі якості сушених харчових продуктів / В.В. Шутюк, В.Ю. Турчин, В.П. Василів // *Природничі науки та інформаційні технології*: XVI наукова конференція ТНТУ ім. І. Пулюя, 5—6 грудня 2012. — Т. I. — С. 47.
5. Yang H., Sakai N., Watanabe M. Drying model with non-isotropic shrinkage deformation undergoing simultaneous heat and mass transfer. *Drying Technology* 2001, 19, 1441—1460.
6. Шутюк В.В. Сучасні тенденції розвитку наукових досліджень в сушільних технологіях / В.В. Шутюк, С.М. Василенко, О.С. Бессараб, В.П. Василів // *Наук. вісник НУБіП України*. — К., 2013. — Вип. 185, Ч. 1. — С. 278—287. (Серія: техніка та енергетика АПК).
7. Advanced drying technologies/ Tadeusz Kudra, Arun S. Mujumdar. — CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, 2009. — 455 p.

