



ISSN 2304-974X

---

**UKRAINIAN  
FOOD JOURNAL**

---

**Volume 2  
2013**

**Issue 3**

[WWW.NUFT.EDU.UA](http://WWW.NUFT.EDU.UA)

ISSN 2304-974X

Ministry of Education and Science  
of Ukraine

Міністерство освіти і науки  
України

National University  
of Food Technologies

Національний університет  
харчових технологій

# UKRAINIAN FOOD JOURNAL

*Volume 2, Issue 3*  
*2013*

Київ

2013

Київ

**Ukrainian Food Journal** is an international scientific journal that publishes innovative papers of expert in the fields of food science, engineering and technology, chemistry, economics and management.

The advantage of research results publication available to students, graduate students, young scientists.

**Ukrainian Food Journal** is indexed by scientometric databases:

Index Copernicus International (2012)  
EBSCO (2013)  
Google Scholar (2013)

**Ukrainian Food Journal** – міжнародне наукове періодичне видання для публікації результатів досліджень фахівців у галузі харчової науки, техніки та технології, хімії, економіки і управління.

Перевага в публікації результатів досліджень надається студентам, аспірантам та молодим вченим.

**Ukrainian Food Journal** індексується наукометричними базами:

Index Copernicus International (2012)  
EBSCO (2013)  
Google Scholar (2013)

**Editorial office address:**

National University  
of Food Technologies  
Volodymyrska str., 68  
Ukraine, Kyiv 01601

**Адреса редакції:**

Національний університет  
харчових технологій  
вул. Володимирська, 68  
Київ 01601

e-mail: [ufj\\_nuft@meta.ua](mailto:ufj_nuft@meta.ua)

*Scientific Council of the National  
University of Food Technologies  
recommends the journal for printing.  
Minutes № 1, 04.09.2013*

*Рекомендовано вченою радою  
Національного університету  
харчових технологій.  
Протокол № 1 від 04.09.2013 р.*

## Editorial board

### Editor-in-Chief:

Sergiy Ivanov, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

### Members of Editorial board:

Adriana Birca, Ph.D., Prof., *George Baritiu University, Romania*

Anatolii Saiganov, Ph. D. Hab., Prof., *Institute of System Research in Agroindustrial Complex of NAS of Belarus*

Galyna Simakhina, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Cristina Popovici, Ph.D., As. Prof., *Technical University of Moldova*

Iryna Fedulova, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Liubomyr Homichak, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Mark Shamtsian, PhD, As. Prof, *St. Petersburg State Technological Institute, Russia*

Mykola Sychevskiy, Ph. D. Hab., Prof., *Institute of Food Resources of National Academy of Sciences of Ukraine*

Oleksandr Shevchenko, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Oksana Kostenko, Ph.D., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Olena Grabovska, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Olena Dragan, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Olga Petuhova, Ph. D. Hab., As. Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Pascal Dupeux, Ph.D., *University Claude Bernard Lion 1, France*

Stefan Stefanov, Ph.D., Prof., *University of Food Technologies, Bulgaria*

Tetiana Mostenska, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Tetiana Pyrog, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Tomasz Bernat, Ph. D. Hab., Prof., *Szczecin University, Poland*

Valerii Myronchuk, Ph. D. Hab., Prof., *National University for Food Technologies, Ukraine*

Virginija Jureniene, Ph. D., Prof., *Vilnius University, Lithuania*

Vitalii Taran, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Vladimir Grudanov, Ph. D., Prof., *Belarusian State Agrarian Technical University*

Volodymyr Kovbasa, Ph. D. Hab., Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

Oleksii Gubenia (*accountable secretary*), Ph.D., As. Prof., *National University of Food Technologies, Ukraine*

**Ukrainian Food Journal** публікує оригінальні наукові статті, короткі повідомлення, оглядові статті, новини та огляди літератури.

#### Тематика публікацій в **Ukrainian Food Journal**:

Харчова інженерія	Процеси та обладнання
Харчова хімія	Нанотехнології
Мікробіологія	Економіка та управління
Фізичні властивості харчових продуктів	Автоматизація процесів
Якість та безпека харчових продуктів	Упаковка для харчових продуктів
	Здоров'я

**Періодичність журналу** 4 номери на рік.

Результати досліджень, представлені в журналі, повинні бути новими, мати чіткий зв'язок з харчовою наукою і представляти спільний інтерес для міжнародного наукового співтовариства.

**Ukrainian Food Journal** індексується наукометричними базами:

Index Copernicus International (2012)

EBSCO (2013)

Google Scholar (2013)

#### **Рецензія рукопису статті**

Матеріали, представлені для публікації в «Ukrainian Food Journal» проходять «Подвійне сліпе рецензування» (рецензент не знає, чию статтю рецензує, і, відповідно, автор не знає рецензента) принаймні двома вченими, призначених редакційною колегією: один є членом редколегії і один незалежний учений.

#### **Авторське право**

Автори статей гарантують, що робота не є порушенням будь-яких авторських прав, та відшкодовують видавцю порушення даної гарантії. Опубліковані матеріали є правовою власністю видавця «**Ukrainian Food Journal**», якщо не узгоджено інше.

#### **Політика академічної етики**

Редакція «Ukrainian Food Journal» користується правилами академічної етики, викладених в роботі Miguel Roig (2003, 2006) "Avoiding plagiarism, self-plagiarism, and other questionable writing practices. A guide to ethical writing"

[ <http://Vfacpub.stjohns.edu/roignvplagiarism~/> ].

Редакція пропонує потенційним учасникам журналу, рецензентам і читачам прямо слідувати цьому керівництву, щоб уникнути помилок в науковій літературі.

**Інструкції для авторів** та інша корисна інформація розміщені на сайті

**<http://ufj.ho.ua>**

## Редакційна колегія

### Головний редактор:

**Сергій Іванов**, д-р. хім. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

### Члени редакційної колегії:

**Адріана Бірке**, д-р., проф., *Університет «George Barițiu» Румунія*

**Анатолій Сайганов**, д-р. екон. наук, проф., *Інститут системних досліджень в АПК НАН  
Беларусі*

**Валерій Мирончук**, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій,  
Україна*

**Віргінія Юренієнс**, д-р., проф., *Вільнюський університет, Литва*

**Віталій Таран**, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій,  
Україна*

**Володимир Ковбаса**, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій,  
Україна*

**Владімір Груданов**, д-р. техн. наук, проф., *Беларуський державний аграрний технічний  
університет*

**Галина Сімахіна**, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій,  
Україна*

**Ірина Федулова**, д-р. екон. наук, проф., *Національний університет харчових технологій,  
Україна*

**Крістіна Попович**, д-р, доц., *Технічний університет Молдови*

**Любомир Хомічак**, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій,  
Україна*

**Микола Сичевський**, д-р. екон. наук, проф., *Інститут продовольчих ресурсів НААН України*

**Марк Шамця**, канд. техн. наук, доц., *Санкт-Петербурзький державний технологічний  
інститут, Росія*

**Оксана Костенко**, канд. техн. наук, *Національний університет харчових технологій, Україна*

**Олександр Шевченко**, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій,  
Україна*

**Олена Грабовська**, д-р. техн. наук, проф., *Національний університет харчових технологій,  
Україна*

**Олена Драган**, д-р. екон. наук, проф., *Національний університет харчових технологій,  
Україна*

**Ольга Петухова**, д-р. екон. наук, доц., *Національний університет харчових технологій,  
Україна*

**Паскаль Дюпю**, д-р, *Університет Клод Бернард Ліон 1, Франція*

**Стефан Стефанов**, д-р., проф., *Університет харчових технологій, Болгарія*

**Тетяна Мостенська**, д-р. екон. наук, проф., *Національний університет харчових технологій,  
Україна*

**Тетяна Пирог**, д-р. біол. наук, проф., *Національний університет харчових технологій, Україна*

**Томаш Бернат**, д-р., проф., *Щецинський університет, Польща*

**Олексій Губеня** (відповідальний секретар), канд. техн. наук, доц., *Національний університет  
харчових технологій, Україна.*

<b>Processes and equipment of food productions</b>	393	<b>Процеси та обладнання харчових виробництв</b>
<i>Dmytro Lyulka, Mykola Pushanko</i> Simulation of compression of juice chips mixtures in diffusive device	393	<i>Дмитро Люлька, Микола Пушанко</i> Моделювання процесу стиснення сокостружкової суміші в дифузійних апаратах
<i>Vitaliy Shutyuk</i> Effect of drying methods and regimes of microstructure change in plant materials	404	<i>Віталій Шутюк</i> Вплив способів та режимів сушіння на зміну мікроструктури рослинної сировини
<i>Evgen Kharchenko, Evgen Dmitruk, Andriy Sharan</i> Aerodynamic resistance nonwoven filter material	412	<i>Євген Харченко, Євген Дмитрук, Андрій Шаран</i> Аеродинамічний опір нетканих фільтрувальних матеріалів
<b>Life Safety</b>	421	<b>Безпека життєдіяльності</b>
<i>Natalya Volodchenkova, Oleksandr Hivrich, Oleg Levchenko</i> Analysis of explosive situations in the food industry	421	<i>Наталія Володченкова, Олександр Хіврич, Олег Левченко</i> Аналіз вибухонебезпечних ситуацій на підприємствах харчової промисловості
<b>Economics and Management</b>	429	<b>Економіка та управління</b>
<i>Larisa Protasova, Anatoly Schehorskyy</i> The efficiency in the strategic indicators system of dairy processing enterprises	429	<i>Лариса Протасова, Анатолій Щехорський</i> Ефективність діяльності в системі стратегічних показників молокопереробних підприємств
<i>Ganna Sergeieva, Tetiana Zinchenko</i> The use of functions for mathematical modeling of transient processes	437	<i>Ганна Сергєєва, Тетяна Зінченко</i> Застосування функцій для математичного моделювання перехідних процесів
<i>Bohdan Koval, Oksana Piankova</i> Implementation of export potential national agricultural enterprises	446	<i>Богдан Коваль, Оксана П'янкova</i> Реалізація експортного потенціалу національних аграрних підприємств
<b>Abstracts</b>	454	<b>Анотації</b>
<b>Instructions for Authors</b>	475	<b>Інструкції для авторів</b>

## Effect of drying methods and regimes of microstructure change in plant materials

**Vitaliy Shutyuk**

*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

---

### ABSTRACT

#### Keywords:

Drying  
Microstructure  
Apple  
Pomace  
Carrot

**Introduction.** Study of the kinetics of drying with change of the products microstructure at the same time, allows to simulate the change of their physical and biological properties more efficiently.

**Materials and methods.** Apples "Symyrenko" and carrots "Abaco" were investigated. Convective drying in an oven DNG-9035A was conducted. Temperature drying agent was  $65 \pm 2^\circ\text{C}$ , microwave power field - 250 watts. Microstructure of raw materials was determined per microscope Konus Biorex-3 with size increasing 40... 100. Photomicrographs were made per camera Sigeta UCMOS 5100 5.1MP

**Result.** Analysis of research microstructural changes of plant material during drying per most common ways of dehydration in laboratory conditions is conducted. Changing of microstructure of apple and carrot pomace during convective and microwave drying methods are defined. At convective drying raw materials is dried more evenly as opposed to tributaries high frequency drying. The using only microwave drying for apple and carrot pomace significantly shortens the duration of process, but the quality of the resulting product deteriorates due to partial charring. The results allow to reduce the number of experimental studies for optimize the process.

---

#### Article history:

Received 21.07.2013  
Received in revised form  
31.08.2013  
Accepted 03.09.2013

---

#### Corresponding author:

Vitaliy Shutyuk  
E-mail:  
schutyuk@i.ua

---

УДК 664.854

## Вплив способів та режимів сушіння на зміну мікроструктури рослинної сировини

**Віталій Шутюк**

*Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина*

## Вступ

Процес сушіння харчових продуктів супроводжується фізичними й хімічними змінами. До фізичних змін головним переважно належать макро- та мікросміни розміру, форми та внутрішньої структури продукту [8, 11]. Ступінь та характер даних змін залежить від режимів та способів сушіння. Так конвективний спосіб сушіння рослинної сировини супроводжується численними розривами стінок клітин, формуванням великої кількості мікропорожнин та зменшенням поперечного перерізу клітин порівняно з сирими продуктами [2, 7, 9]. Структура висушених сублімацією продуктів складається з нерегулярно розміщених порожнин, порушених стінок клітин. [18]. Інтенсивність переміщення молекул розчиненої речовини впливає на утворення структури поверхні порошоків, що в свою чергу визначає їхню функціональність [14].

## Матеріали та методи

Досліджувались яблучні вичавки і морква під час сушіння конвективним і мікрохвильовим способами.

Досліди з сушіння конвективним способом проводилися в сушильній шафі DNG-9035A з об'ємом камери 30 л. Сушарка дає змогу забезпечити температуру сушильного агента в діапазоні +5...300 °C з дискретністю її завдання 0,1 °C та стабільністю  $\pm 1$  °C. Для мікрохвильового оброблення використовувалась модернізована мікрохвильова піч Scarlett SC-1701 з робочим об'ємом 17 л і максимальною споживчою потужністю НВЧ-випромінювача 700 Вт. Установка має шість рівнів регулювання потужності НВЧ-випромінювача та можливість подавати в камеру нагріте повітря з сушильної шафи DNG-9035A для спільного процесу сушіння.

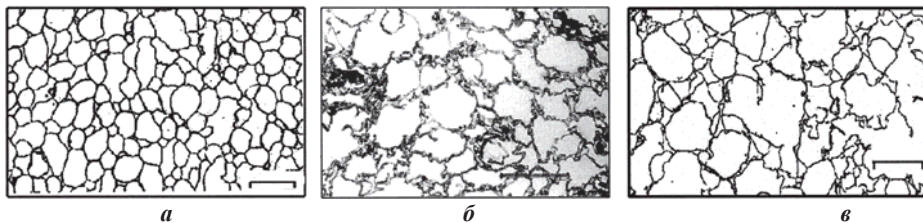
Мікроструктура сировини вивчалась за допомогою на мікроскопу Konus Biogex-3 з величиною збільшення 40...100x, а мікрофотографії виконувались за допомогою професійної цифрової фотокамери Sigeta UCMOS 5100 5.1MP з розширенням 2592×1944 пікселів.

Досліджувались яблука сорту Смиренко, які зберігались за температури 5 °C. В усіх експериментах протягом певного періоду часу використовували яблука однієї партії. З огляду на ефект дозрівання для експериментів вибирали тверді яблука, які промивали, натирали та вичавлювали сік. Моркву сорту Абако типу Шантанне, зберігали за температури 5 °C. Перед сушінням її мили і нарізали кружечками (діаметр 0,02 м, товщина 0,005 м).

Температура сушильного агента в усіх дослідках становила  $(65\pm 2)$  °C, потужність мікрохвильового поля – 250 Вт. Витрати сушильного агента дорівнювала  $(0,001\pm 0,0002)$  м<sup>3</sup>/с з початковими температурою  $(19\pm 1)$  °C та відносною вологістю 40...45 % повітря. Початковий вміст сухих речовин в яблучних вичавках сорту Смиренко становив 15, моркві сорту Абако – 18 %. Сушіння здійснювалось до рекомендованої кінцевої вологості згідно з відповідними технічними умовами (для яблучних вичавок – не більше 8, моркви – 14 %).

## Результати та обговорення

Процес сушіння істотно позначається на будову тканини сирого яблука [1, 3, 10, 16]. Так під час конвективного сушіння усадкові напруження викликають численні пориви стінок клітин і формування малих порожнин (рис. 1). В наслідок цього розмір клітин значно зменшується порівняно з клітинами сирого яблука. Як видно з мікрофотографій (див. рис. 1), порожнини висушеного зразка мають подовжену форму, а стискання і руйнування клітин призводить до їхнього фальцювання й жолоблення. В одночас кінцева будова яблука, висушеного сублімацією, формується під час заморожування, характеризується значним порушенням клітин і крихкою структурою без будь-якої домінуючої форми.



**Рис. 1. Мікроструктура яблука:**

*a* – свіжого (маркер – 300 мкм);

*б, в* – висушеного відповідно в конвективній (маркер – 100 мкм) та сублімаційні сушарці (маркер – 150 мкм).

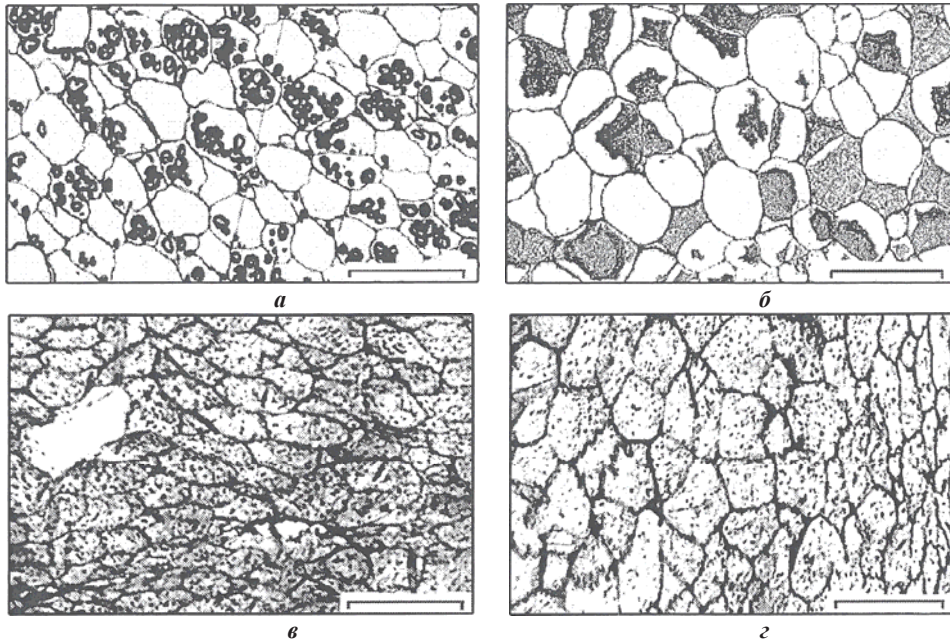
Режими сушіння також значно впливають на мікроструктуру картоплі [11, 12]. Процес відбілювання, який передує сушінню, спричиняє роздування клітин за рахунок драгливання крохмалю (рис. 2, *б*). Але, як видно з фотографії, не всі клітини заповненні крохмалем повністю. Конвективне сушіння супроводжується стисканням клітин, проте їх серйозного їхнього ушкодження не спостерігається. Порушується цілісність приблизно 12 % клітин, інші ж просто під час сушіння скорочуються. Цей ефект пояснюється невеликим розміром клітин і наявності крохмалю, який зміцнює їхню будову. Під час сублімаційного сушіння картоплі, основний руйнівний вплив на мікроструктуру продукту справляє процес заморожування (див. рис. 2, *з*). У результаті сублімаційного сушіння утворюється пористий і тендітний продукт високої якості.

Ступінь руйнування тканин картоплі залежить від режимів оброблення значно більше ніж тканини яблука. Тому вибір режимів попереднього оброблення і сушіння позначається на властивостях готового продукту.

Зміни мікроструктури клітин моркви [13, 17, 20], висушеної гарячим повітрям та перегрітою парою значно відрізняються (рис. 3). Клітина моркви висушеної гарячим повітрям зазнала більшу деформацію клітини ніж перегрітою парою низького тиску. Це спричинено сильним ушкодженням клітин гарячим повітрям, тоді як сушіння парою розширює клітини, в результаті чого утворюється пористий продукт.

Ефект сушіння рослинної сировини конвективним і мікрохвильовим способами вивчали численні дослідники [3, 4, 5, 6, 15, 19]. Доведено, що короткий час сушіння мікрохвильовим способом сприяє меншому стисканню тканин продуктів завдяки створенню внутрішнього тиску пари (рис.4). Формування шару кірки на поверхні

висушених матеріалів у результаті переміщення розчинених речовин збільшує механічну міцність висушених матеріалів, особливо суниці [3].

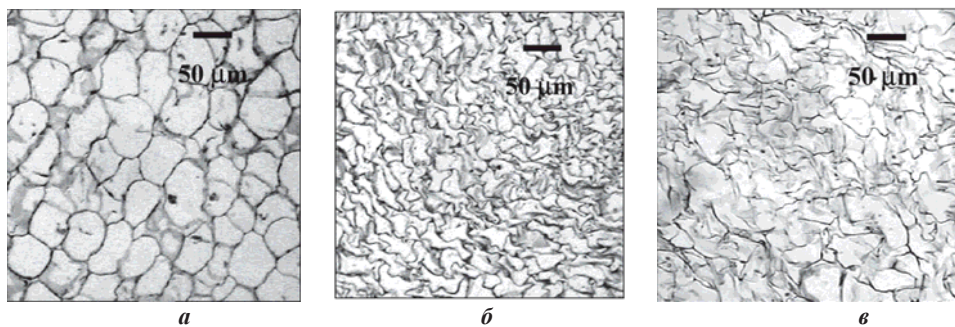


**Рис. 2. Мікроструктура картоплі (маркер – 300 мкм):**

*а* – сирої;

*б* – відбіленої;

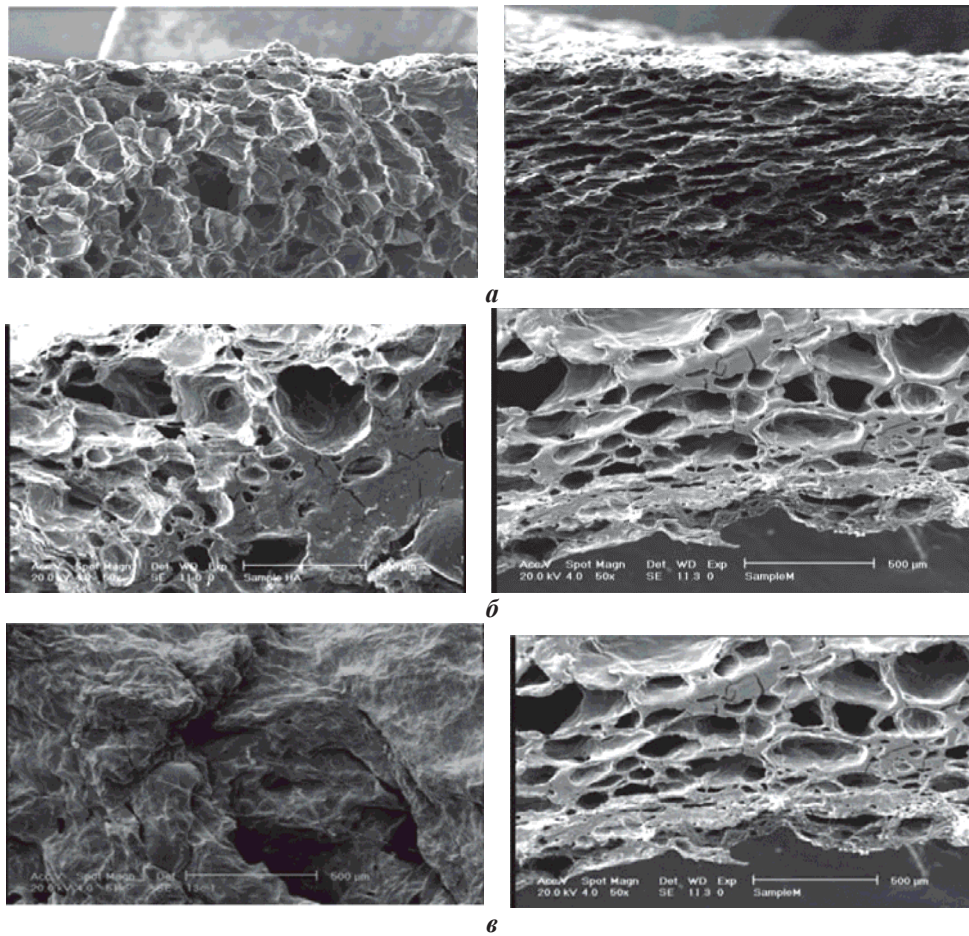
*в, г* – висушеної відповідно у конвективній та сублимаційні сушарках



**Рис. 3. Мікроструктура моркви:**

*а* – свіжої;

*б, в* – висушеної відповідно повітрям в конвективній сушарці та перегрітою парою низького тиску



**Рис. 4. Мікроструктура плодів і ягід, висушених конвективним способом (фото ліворуч) та мікрохвильовим способом (фото праворуч):**

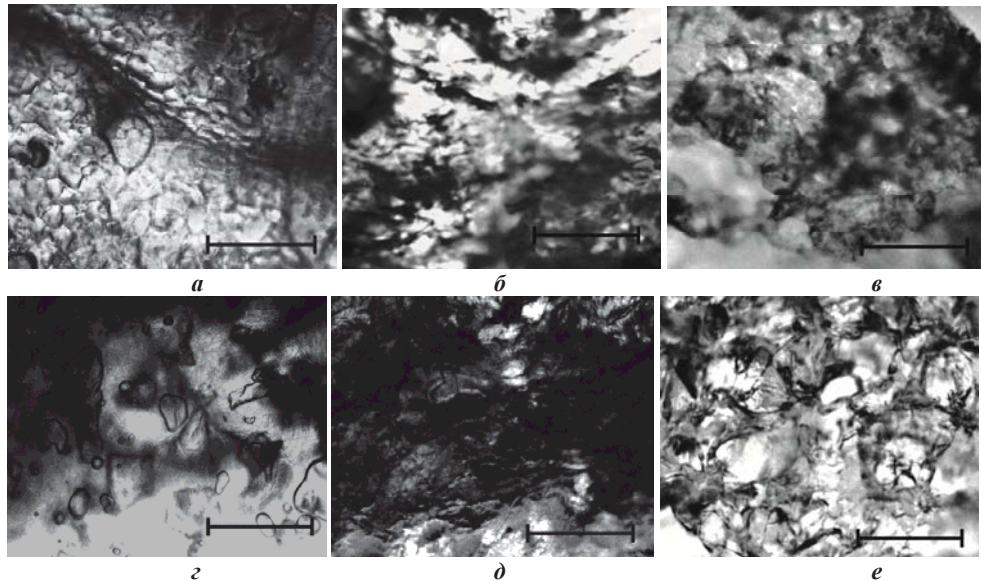
- a* – яблуко
- б* – суниця
- в* – томат

Проведені дослідження з сушіння моркви та яблучних вичавок (рис. 5). Досліди з сушіння моркви показали, що у процесі конвективного сушіння тканина просушується більш нерівномірно (див. рис. 5, *б*) на відміну від сушіння струмами високої частоти (див. рис. 5, *в*). Така закономірність простежується і під час сушіння яблучних вичавок (див. рис. 5, *д*, *е*). Це пов'язано з особливостями процесу вилучення вологи даними способами. Як відомо, при сушінні СВЧ матеріал нагрівається одночасно по всьому об'єму, тому волога рівномірніше вилучається з продукту. У разі сушінні конвективним способом нерівномірно руйнується цитоплазматична оболонка рослинних клітин, відбувається частковий гідроліз протопектину й інактивуються ферменти.

Використання виключно мікрохвильового сушіння для яблучних вичавок і моркви значно скорочує тривалість процесу, проте через часткове обуглення тканин

— Процеси та обладнання харчових виробництв —

якість отриманої продукції погіршується. У даному разі однією з основних причин, що впливає на якість сушеної продукції, є необхідність зміни діапазону потужності НВЧ-випромінювача, зумовленої періодичністю роботи установки. НВЧ-випромінювач лабораторної установки має дискретне шестипозиційне регулювання потужності, що не може достатньою мірою забезпечити необхідну зміну режиму сушіння.



**Рис. 5. Мікроструктура (маркер – 100 мкм):**  
морква – сирі (а), висушена конвективним способом (б)  
та струмами високої частоти (в);  
яблучні вичавки – сирі (г), висушені конвективним способом (д)  
та токами високої частоти (е)

### Висновки

Дослідження кінетики сушіння одночасно зі зміною мікроструктури продукту сприяє якіснішому моделюванню зміни його фізичних і біологічних властивостей. Пропоновані математичні моделі, сприятимуть значному скороченню кількості експериментальних досліджень для оптимізації процесу сушіння.

Усвідомлення того, як змінюється чи формується типова мікроструктура продукту під час сушіння, як впливає зміна мікроструктури на морфологію, поверхневі властивості та якість продукту, дає змогу конкретніше зрозуміти основні принципи сушіння харчових продуктів, контролю їхньої якості, відновлення, відбору умов проведення процесу й більш ефективного проектування сушильних установок.

### Література

1. Askari G.R., Emam-Djomeh Z., Mousavi S.M. Investigation of effect of microwave treatment on the optical properties of apple slices during drying / *Drying Technology* 2008.– 26.– P. 1362–1368.
2. Castro L., Aguilera J.M. Fracture Properties and Microstructure of Low-Moisture Starch Probes / *Drying Technology* 2007.– 25. P. 147–152.
3. Contreras C., Marti'n-Esparza M.E., Chiralt A., Marti'nez-Navarrete N. Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry / *Journal of Food Engineering*, 2008.– 88 (1). P. 55–64.
4. Drying technologies in food processing/edited by Xiao Dong Chen, Arun S. Mujumdar / 2008 Blackwell Publishing Ltd. P. 350.
5. Doymaz I. Air-drying characteristics of tomatoes / *Journal of Food Engineering* 2007.– 78 (4). P. 1291–1297.
6. Giri S.K., Prasad S. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms./ *Journal of Food Engineering*. 2007.– 78. P. 512–521.
7. Guine R. DE P.F. Influence of drying method on density and porosity of pears / *Food and Bioproducts Processing* 2006.– 84 (3). P. 179–185.
8. Heidenreich S., Jaros D., Rohm H., Ziems A. Relationship between water activity and crispness of extruded rice crisps / *Journal of Texture Studies*, 2004.– 35. P. 621–633.
9. Krokida M., Marouli Z. Quality changes during drying of food materials.– *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences*; Mujumdar, A., Ed.; Science Publishers, Inc.: Enfield, NH, USA. 2000. P. 61–98.
10. Lewicki P.P., Grzegorz P. Effect of Drying on Microstructure of Plant Tissue / *Drying Technology*, 2003.– 21. P. 657–683.
11. Lewicki P., Pawlak G. Effect of mode of drying on microstructure of potato / *Drying Technology*, 2005.– 23. P. 847–869.
12. Markowski M., Stankiewicz I., Zapotoczny P., Borowska J. Effect of variety on drying characteristics and selected quality attributes of dried carrots / *Drying Technology* 2006.– 24. P. 1011–1018.
13. Marques L.G., Prado M.M., Freire J.T. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits / *LWT-Food Science and Technology*, 2009.– 42. P. 1232–1237.
14. Piotrowski D., Lenart A., Wardzynski A. Influence of osmotic dehydration on microwave-convective drying of frozen strawberries / *Journal of Food Engineering*, 2004.– 65 (4). P. 519–525.
15. Prothon F., Ahrne' L., Funebo T., Kidman S., Langton M., Sjöholm I. Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics / *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. - 2001.– 34. P. 95–101.
16. Reyes A., Vega R., Bustos R., Araneda C. Effect of Processing Conditions on Drying Kinetics and Particle Microstructure of Carrot.– *Drying Technology*, 2008.– 26. P. 1272–1285.
17. Tao T., Peng X.F., Lee D.J. Structure of crack in thermally dried sludge cake / *Drying Technology*, 2005.– 23. P. 1555–1568.
18. Zhanga M., Tangb J., Mujumdar A.S., Wang S. Trends in microwave related drying of fruits and vegetables / *Trends in Food Science & Technology*, 2006.– 17. P. 524–534.
19. Zielinska M.; Markowski M. Drying behavior of carrots dried in a spout-fluidized bed dryer / *Drying Technology*, 2007.– 25. P. 261–270.

### References

1. Askari G.R., Emam-Djomeh Z., Mousavi S.M. (2008), Investigation of effect of microwave treatment on the optical properties of apple slices during drying, *Drying Technology*, 26, pp. 1362–1368.
2. Castro L., Aguilera J.M. (2007), Fracture Properties and Microstructure of Low-Moisture Starch Probes, *Drying Technology*, 25, pp. 147–152.
3. Contreras PP., Marti'n-Esparza M.E., Chiralt A., Marti'nez-Navarrete N. (2008), Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry, *Journal of Food Engineering*, 88(1), pp. 55–64.
4. Arun S. Mujumdar. (2008), Drying technologies in food processing.
5. Doymaz I. (2007), Air-drying characteristics of tomatoes, *Journal of Food Engineering*, 78(4), pp. 1291–1297.
6. Giri S.K., Prasad S. (2007), Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms, *Journal of Food Engineering*, 78, pp. 512–521.

7. Guine R. DE P.F. (2006), Influence of drying method on density and porosity of pears, *Food and Bioproducts Processing*, 84(3), pp. 179–185.
8. Heidenreich S., Jaros D., Rohm H., Ziemas A. (2004), Relationship between water activity and crispness of extruded rice crisps, *Journal of Texture Studies*, 35, pp. 621–633.
9. Krokida M., Marouli Z. (2000), Quality changes during drying of food materials. *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences; Mujumdar, A., Ed, Science Publishers, USA*, pp. 61–98.
10. Lewicki P.P., Grzegorz P. (2003), Effect of Drying on Microstructure of Plant Tissue, *Drying Technology*, 21, pp. 657–683.
11. Lewicki P., Pawlak G. (2005), Effect of mode of drying on microstructure of potato, *Drying Technology*, 23, pp. 847–869.
12. Markowski M., Stankiewicz I., Zapotoczny P., Borowska J. (2006), Effect of variety on drying characteristics and selected quality attributes of dried carrots, *Drying Technology*, 24, pp. 1011–1018.
13. Marques L.G., Prado M.M., Freire J.T. (2009), Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits, *LWT-Food Science and Technology*, 42, pp. 1232–1237.
14. Piotrowski D., Lenart A., Wardzynski A. (2004), Influence of osmotic dehydration on microwave-convective drying of frozen strawberries, *Journal of Food Engineering*, 65(4), pp. 519–525.
15. Prothon F., Ahrne´ L., Funebo T., Kidman S., Langton M., Sjöholm I. (2001), Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 34, pp. 95–101.
16. Reyes A., Vega R., Bustos R., Araneda P.P. (2008), Effect of Processing Conditions on Drying Kinetics and Particle Microstructure of Carrot, *Drying Technology*, 26, pp. 1272–1285.
17. Tao T., Peng X.F., Lee D.J. (2005), Structure of crack in thermally dried sludge cake, *Drying Technology*, 23, pp. 1555–1568.
18. Zhanga M., Tangb J., Mujumdar A.S., Wang S. (2006), Trends in microwave related drying of fruits and vegetables, *Trends in Food Science & Technology*, 17, pp. 524–534.
19. Zielinska M., Markowski M. (2007), Drying behavior of carrots dried in a spout-fluidized bed dryer, *Drying Technology*, 25, pp. 261–270.