

УДК 664.844:663.05

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НВЧ-СУШІННЯ МОРКВЯНИХ ВИЧАВОК ПРИ ОДЕРЖАННІ КАРОТИНОВІСНОГО ЗБАГАЧУВАЧА

Малежик І. Ф., д.т.н. проф., Бессараб О. С., к.т.н. проф.,  
Бандуренко Г. М., к.т.н. доц., Левківська Т. М., к.т.н.  
Національний університет харчових технологій, м. Київ

*У статті наведені експериментальні дані сушіння морквяних вичавок у полі-НВЧ. Побудовані криві кінетики сушіння вичавок та термограми. Досліджено зміни БАР у продукті та визначено оптимальні режими проведення сушіння.*

*The article presents experimental results of drying carrot husks in the microwave field. Investigated the kinetics of drying curves pomace and thermogram. The studied changes of biologically active substances in the product and the conditions of optimum drying.*

Ключові слова: морквяні вичавки, НВЧ-сушіння, кінетика,  $\beta$ -каротин.

**Постановка проблеми.** Проблема раціонального харчування населення України завжди була актуальною проблемою, яка на сьогоднішній день ще не вирішена. Велику роль у цьому відіграє застосування рослинної сировини, яка містить велику кількість біологічно активних речовин (БАР) і може бути потенційним джерелом збагачуючих добавок для різноманітних продуктів харчування. Потреба різних галузей харчової промисловості у сухих порошкових інгредієнтах, які б містили істотні кількості БАР, залишається досить високою, але перероблення рослинної сировини у високоякісні сухі напівфабрикати лишається проблематичним. Це пов'язано з тим, що БАР, які містяться у фруктах і овочах є нестійкими сполуками, чутливими до дії високих температур та кисню повітря. Тому сучасні способи сушіння направлені на максимальне збереження харчової цінності рослинної сировини.

Сьогодні актуальним лишається створення ефективних способів сушіння сировини з високим вмістом вологи, до якої відносяться плоди і овочі, які містять 85-95 % вільної води. Серед перспективних наукоємних технологій високого рівня особливе місце займає мікрохвильове нагрівання, але процеси, що відбуваються при НВЧ-сушінні плодів і овочів, їх вплив на різноманітний хімічний склад сировини та фізико-хімічні зміни до кінця ще не вивчено.

Аналіз основних досліджень. До переваг НВЧ-сушіння відноситься рівномірність нагрівання продукту у всьому об'ємі, саморегуляція нагрівання, висока чистота нагрівання, пов'язана з відсутністю теплоносіїв та високий коефіцієнт перетворення мікрохвильової енергії в теплову. Видалення вологи при НВЧ-сушінні можливо проводити при невисокій температурі, що дозволяє практично повністю зберегти вітаміни, біологічно активні речовини, природній колір і аромат сировини. У процесі НВЧ-сушіння активно знешкоджується шкідлива мікрофлора, завдяки чому висушений продукт може зберігатись тривалий час без істотного погіршення якості [1, 2].

Відомі і описані численні пристрої і установки, які реалізують технології мікрохвильового нагрівання в різних галузях промисловості. Однак потенціал цих технологій на даний час далеко не вичерпаний, особливо в області їх практичного застосування. Динаміка застосування мікрохвильових технологій стримується рядом проблем, які ще необхідно вирішити. До їх числа відносяться відсутність достатньої кількості достовірного матеріалу про діелектричні характеристики харчових продуктів, їх адсорбційні властивості при поглинанні електромагнітної енергії, а також відсутність достатньої кількості експериментальних досліджень з мікрохвильових технологій різноманітних харчових продуктів, що не дозволяє з достатньою повнотою дати їм теоретичне обґрунтування. Проблеми практичного впровадження пов'язані з відсутністю достатньої кількості матеріалів для економічного обґрунтування ефективності мікрохвильових технологій.

Аналіз сучасних тенденцій розвитку в області технологій сушіння рослинної сировини засвідчує зростання чисельності робіт з використанням НВЧ енергопідведення та переваги саме такого способу сушіння для сировини, яка містить значні кількості БАР. Зокрема, багато авторів досліджували можливість НВЧ-сушіння морквяної сировини та вплив НВЧ-поля на збереження каротиноїдів [3, 4, 5]. Для створення нового виду каротиновмісної добавки нами запропоновано сушіння морквяних вичавок, одержаних після пресування морквяної м'язги, які містять вдвічі більше  $\beta$ -каротину ніж сама морква.

**Мета роботи** – дослідження процесу сушіння морквяних вичавок у полі НВЧ та розроблення оптимальних параметрів його проведення.

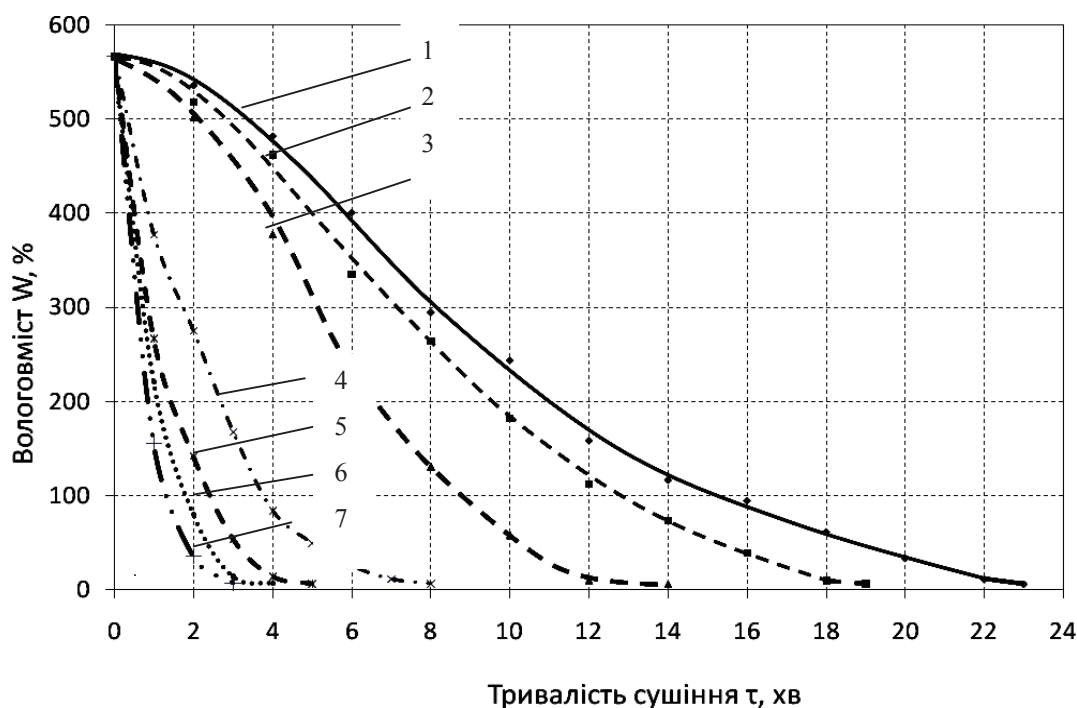
У завдання досліджень, насамперед, входило встановлення параметрів, які забезпечують високе збереження БАР морквяної сировини та досягнення інтенсифікації процесу сушіння.

Результати досліджень. Експериментальні дослідження проводились у лабораторних умовах на дослідних установках кафедри процесів і апаратів харчових виробництв та кафедри технології консервування. Вологовміст та швидкість сушіння визначали за відповідними методиками, а температуру вимірювали за допомогою термопар. Визначення вмісту  $\beta$ -каротину проводили за стандартними методами.

Методика проведення робіт полягала у наступному. Помиту й очищену моркву подрібнювали в атмосфері пари і відокремлювали сік шляхом пресування для відділення частини вологи. Тим самим вміст  $\beta$ -каротину у морквяних вичавках збільшувався, а кількість цукрів – зменшувалась. Отримані вичавки обробляли розчинами антиоксидантів і висушували до вмісту вологи 6,5 %, використовуючи напівпромислову установку “Артеміда” з частотою 2540 МГц.

Проведені серії дослідів при різних параметрах проведення цього процесу, змінюючи величину опромінення продукту: 100, 200, 300, 450, 600, 700 та 800 Вт/см<sup>2</sup> (забезпечити величину опроміненості менше 100 Вт/см<sup>2</sup> та більше 800 Вт/см<sup>2</sup> було технічно неможливим). За результатами попередніх досліджень нами встановлено оптимальну товщину шару вичавок, яка становить 0,8 - 1,0 см.

Сушіння зразків відбувалось в імпульсно-періодичному режимі з інтервалом 1 – 2 хв. При цьому досліджували криві сушіння морквяних вичавок при різній величині теплового потоку, зміну температури продукту. Для всіх режимів визначали тривалість процесу сушіння та вміст  $\beta$ -каротину у готовому продукті. У процесі досліджень були побудовані криві сушіння та швидкості сушіння зразків. Результати зображені на рис.1, 2.



1 – 100 Вт/см<sup>2</sup>; 2 – 200 Вт/см<sup>2</sup>, 3 – 300 Вт/см<sup>2</sup>,  
4 – 450 Вт/см<sup>2</sup>, 5 – 600 Вт/см<sup>2</sup>, 6 – 700 Вт/см<sup>2</sup>, 7 – 800 Вт/см<sup>2</sup>

**Рис. 1 – Криві сушіння морквяних вичавок при різній величині теплового потоку**

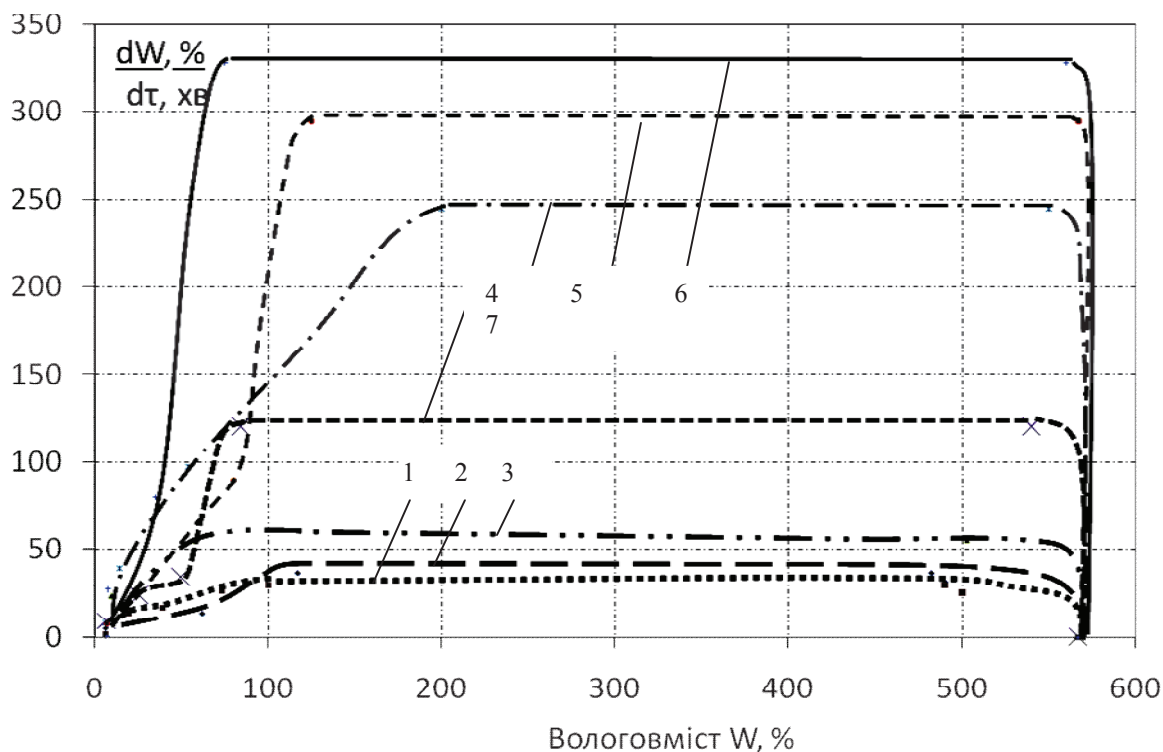
Як видно з рисунка 1 початковий вологовміст морквяних вичавок складав 567 %. Сушіння проводили до кінцевого вологовмісту 6,95 %.

Аналізуючи графіки, можна сказати наступне. При величині теплового потоку 100, 200 та 300 Вт/см<sup>2</sup> прогрівання зразків тривало відповідно 2, 3 й 4 хв. Потім відбувалось видалення вільної вологи і за 2-6 хв до завершення процесу – видалення зв'язаної вологи.

Тривалість сушіння безпосередньо залежить від величини теплового потоку і складає 23 хв при величині теплового потоку 100 Вт/см<sup>2</sup>, 19 хв – при 200 Вт/см<sup>2</sup> і 14 хв – при 300 Вт/см<sup>2</sup>. Якщо ж розглядати процес сушіння вичавок при величині теплового потоку 450 - 800 Вт/см<sup>2</sup>, то його особливістю є те, що прогрівання зразків відбувається одночасно й інтенсивно разом із видаленням вільної вологи. Видалення

зв'язаної вологи проходить за 2 хв до завершення процесу сушіння. Тривалість сушіння при величині теплового потоку  $450 \text{ Вт/см}^2$  складає 8 хв, при  $600 \text{ Вт/см}^2$  – 5 хв та при  $700\text{-}800 \text{ Вт/см}^2$  – 4 хв. Тобто можна зробити висновок, що з підвищенням густини теплового потоку тривалість сушіння поступово скорочується.

Більше інформації про те, як відбувається процес сушіння, можна отримати, аналізуючи криві швидкості сушіння морквяних вичавок (рис.2).



1 –  $100 \text{ Вт/см}^2$ ; 2 –  $200 \text{ Вт/см}^2$ , 3 –  $300 \text{ Вт/см}^2$ ,  
4 –  $450 \text{ Вт/см}^2$ , 5 –  $600 \text{ Вт/см}^2$ , 6 –  $700 \text{ Вт/см}^2$ , 7 –  $800 \text{ Вт/см}^2$

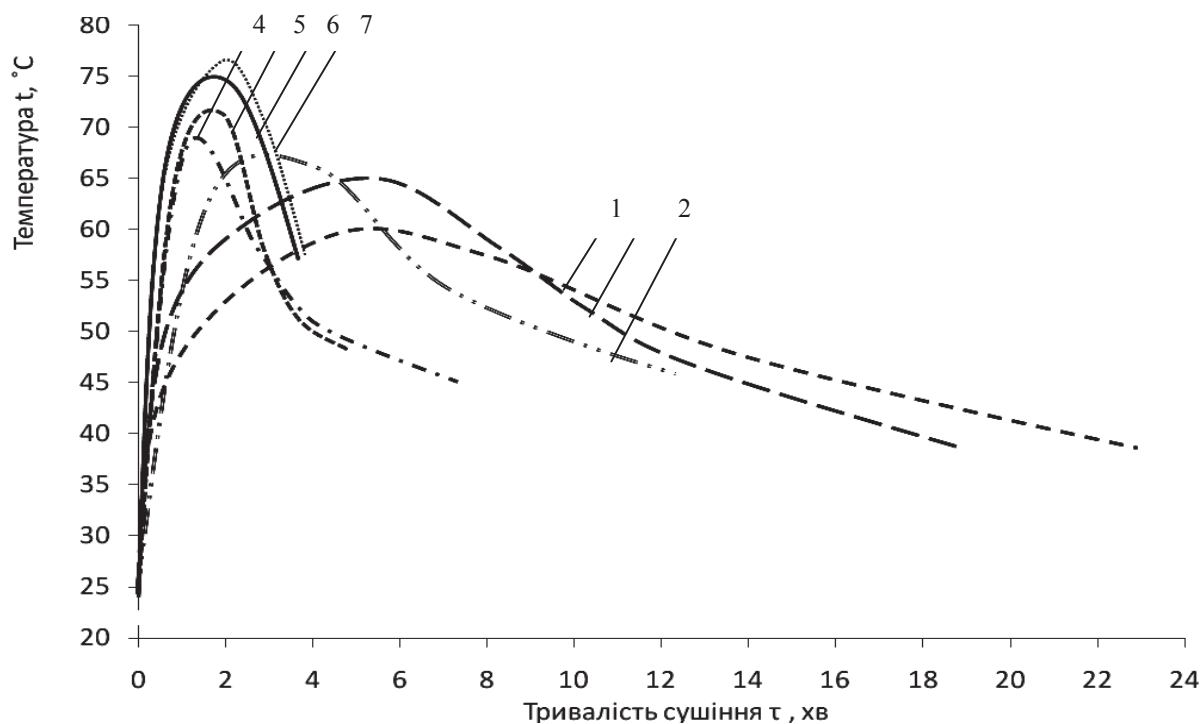
**Рис. 2 – Криві швидкості сушіння морквяних вичавок в полі НВЧ при різних величині теплового потоку**

З рис.2 видно, що видалення вільної вологи при величині теплового потоку  $100 \text{ Вт/см}^2$  проходить із найменшою швидкістю –  $30 \text{ %/хв}$ . Із зростанням величини теплового потоку швидкість поступово зростає і максимальні її значення 288 та  $332 \text{ %/хв}$  були при величині теплового потоку  $700$  та  $800 \text{ Вт/см}^2$ .

На рис. 3 наведені термограми продукту за тривалістю сушіння. Вони були побудовані шляхом вимірювання температури у декількох точках робочої ємності з продуктами та усереднення отриманих значень.

Як видно з рис. 3, на перших хвиликах сушіння продукт прогрівається. Далі температура підвищується, що пояснюється високою початковою вологістю продукту. Так, максимальна температура зразка при величині теплового потоку  $100 \text{ Вт/см}^2$  складає  $60^\circ\text{C}$ , при  $200 \text{ Вт/см}^2$  –  $65^\circ\text{C}$ , при  $300 \text{ Вт/см}^2$  –  $67^\circ\text{C}$ , при  $450 \text{ Вт/см}^2$  –  $68^\circ\text{C}$ , при  $600 \text{ Вт/см}^2$  –  $62^\circ\text{C}$ , при  $700 \text{ Вт/см}^2$  –  $75^\circ\text{C}$ , при  $800 \text{ Вт/см}^2$  –  $78^\circ\text{C}$ . Далі температура спадає і нагрівання висушених ділянок автоматично припиняється, оскільки тангенс діелектричних витрат більшості матеріалів по мірі їх висушування зменшується.

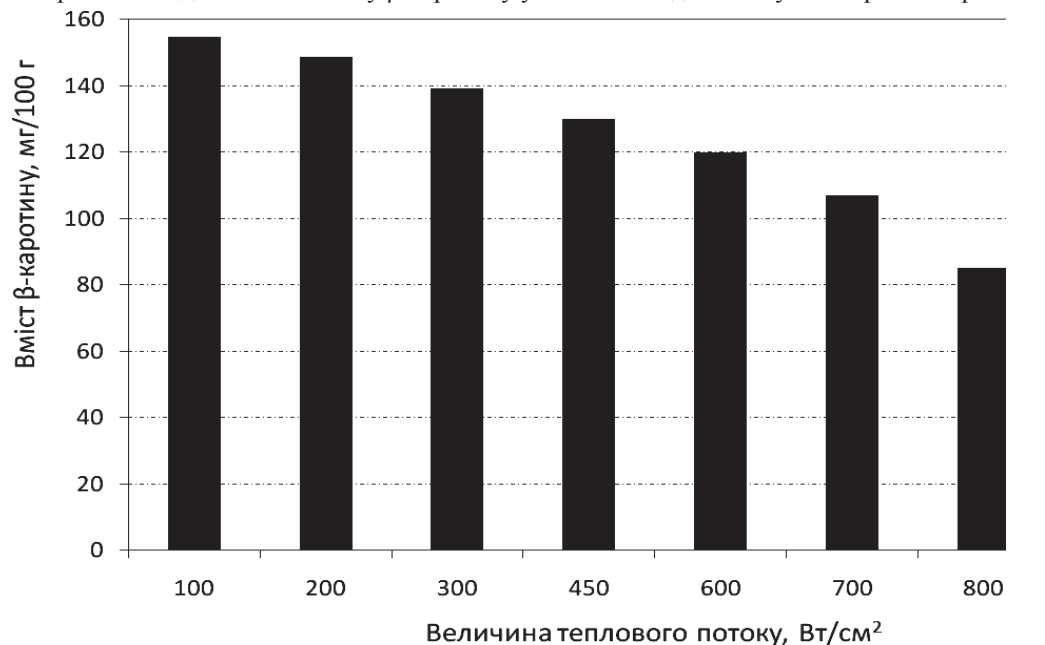
Те, що зразки прогрівались до різних температур, могло позначатися на якості готового продукту, головним критерієм якої є вміст  $\beta$ -каротину. Тобто, висновки з практичного застосування отриманих експериментальних даних можна зробити тільки дослідивши органолептичні та фізико-хімічні показники.



1 – 100 Вт/см<sup>2</sup>; 2 – 200 Вт/см<sup>2</sup>, 3 – 300 Вт/см<sup>2</sup>,  
4 – 450 Вт/см<sup>2</sup>, 5 – 600 Вт/см<sup>2</sup>, 6 – 700 Вт/см<sup>2</sup>, 7 – 800 Вт/см<sup>2</sup>

**Рис. 3 – Зміна температури продукту під час сушіння морквяних вичавок при різній величині теплового потоку**

На рис. 4 наведена зміна вмісту β-каротину у вичавках під час їх сушіння різними режимами.



**Рис. 4 – Зміна вмісту β-каротину у морквяних вичавках під час НВЧ-сушіння при різній величині теплового потоку**

З рис. 4 видно, що із збільшенням величини теплового потоку якість готового продукту погіршується – знижується вміст цільового компонента. Так вміст β-каротину у вихідному матеріалі (свіжих вичав-

ках) складав 180 мг/100 г у перерахунку на абсолютно суху речовину. Втрати  $\beta$ -каротину при підведенні теплового потоку величиною 100-300 Вт/см<sup>2</sup> невеликі і складають 13-18 %. Із зростанням величини теплового потоку втрати каротину стрімко зростають та можуть доходити до 40-55 %.

Якщо ж досліджувати готовий продукт за органолептичними показниками, то вичавки, висушені при різній величині теплового потоку мають різні характеристики (табл.1).

**Таблиця 1 – Органолептичні та фізико-хімічні показники морквяних вичавок, висушених за різними режимами у полі НВЧ**

Показник	Характеристика показника, отриманого при підведенні теплового потоку		
	100-300 Вт/см <sup>2</sup>	450-600 Вт/см <sup>2</sup>	700-800 Вт/см <sup>2</sup>
Зовнішній вигляд і консистенція	Крихка розсипчаста стружка морквяних вичавок	Крихка розсипчаста стружка морквяних вичавок	Крихка розсипчаста стружка морквяних вичавок
Колір	Яскраво-оранжевий	Темно-оранжевий	Буро-коричневий
Смак і аромат	Приємні, властиві сушеній моркві	З'являється присмак та запах притаманний карамелізації	Присмак та запах пригорілої моркви
Вміст вологи, %	6,5	6,5	6,5
Вміст цукрів, %	7,0-8,0	5,0-6,5	3,5-4,2
Вміст пектинових речовин, %	5,0-6,0	4,0-4,7	2,5-3,4
Вміст $\beta$ -каротину, мг/100г	138-155	120-130	85-107

Як видно з таблиці 1 висушені морквяні вичавки, отримані при величині теплового потоку 100-300 Вт/см<sup>2</sup> мають яскраве оранжеве забарвлення, що свідчить про збереження всього комплексу каротині-дів, а також приємний смак та запах, властивий сушеній моркві. Із збільшенням величини теплового потоку колір сушених вичавок змінювався від темно-оранжевого до буро-коричневого, що свідчить про початок реакцій карамелізації цукрів та меланоїдиноутворення. Смак та запах отриманих зразків також змінювався в гіршу сторону, з'являлись сторонні присмаки і запахи легкого пригару.

#### Висновок

НВЧ-сушіння морквяних вичавок при величиною теплового потоку 100-300 Вт/см<sup>2</sup>, дозволяє одержати продукт високої якості із вмістом  $\beta$ -каротину 138-155 мг/100 г.

#### Література

1. Потапов, В. О. Рациональні режими сушіння овочів змішаним теплопідводом : автореф. дис. канд. техн. наук / В.О. Потапов. – Одеса, 1994. – 16 с.
2. Мамонтов М. В. Разработка и исследование сушки тонко измельченной моркови при комплексной ее переработке : дис. канд техн. наук : 05.18.12 / Мамонтов Максим Викторович; [Место защиты: Воронеж. гос. технол. акад.]. – Воронеж, 2009. – 184 с.
3. Петрова Ж. А. Сохранность каротиноидов в зависимости от методов и режимов сушки / Ж. А. Петрова // Збірник наукових праць ВНАУ «Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки держави»: Київ, 2010. - № 42. - Т.2. С. 70-77.
4. Левківська Т. М. Розробка способу одержання порошку з морквяних вичавок з підвищеним вмістом  $\beta$ -каротину / Т. М. Левківська, Л. О. Косоголова, В. Є. Носенко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. - Випуск 34 – 2005. – С.140-143.
5. Косоголова Л. О. Стабільність  $\beta$ -каротину при одержанні порошку з морквяних вичавок/ Л. О. Косоголова, Т. М. Левківська // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Випуск 1. – 2006. – С.54.