

The background features a complex, abstract design. It includes stylized, overlapping leaf shapes in shades of light green, yellow, and grey. A prominent, thick, orange-to-red gradient ribbon curves across the lower half of the image. The overall aesthetic is modern and organic.

**13th International Specialized
Scientific and Practical Conference**

**Trends in LEAN food production
and packaging**

**13-а Міжнародна спеціалізована
науково-практична конференція**

**Тренди Lean-виробництва та
пакування харчової продукції**

Київ 2024 Київ

Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine
Ministry of Education and Science of Ukraine
National University of Food Technologies
Institute of Food Resources of the National Academy
of Agricultural Sciences of Ukraine
AKKO International

**13th International Specialized
Scientific and Practical Conference**

**Trends in LEAN food production
and packaging**

Conference's title in 2012-20:
Resource and Energy Saving Technologies of Production and Packing of Food
Products as the Main Fundamentals of Their Competitiveness

**September 17, 2024
AKKO International Exhibition Centre
Kyiv, Ukraine**

Kyiv 2024

Міністерство аграрної політики та продовольства України
Міністерство освіти і науки України
Національний університет харчових технологій
Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних
наук України
ТОВ «АККО Інтернешнл»

**13-а Міжнародна спеціалізована
науково-практична конференція**

**Тренди Lean-виробництва
та пакування харчової продукції**

Назва конференції у 2012–20 р.:
Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової
продукції – основні засади її конкурентоздатності

17 вересня 2024 р
Виставковий центр «АССО International»
Київ, Україна

Київ 2024

Trends in Lean Food Production and Packaging: Proceedings of the 13th International Specialized Scientific and Practical Conference, September 17, 2024. Kyiv, National University of Food Technologies, 2024.

ISBN 978-966-612-302-5

© NUFT, 2024

Тренди Lean-виробництва та пакування харчової продукції: матеріали 13-ї Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 17 вересня 2024 р., м. Київ. – Київ, НУХТ, 2024. – 234 с.

ISBN 978-966-612-302-5

© НУХТ, 2024

<i>Гетьман І.А., Науменко О.В., Лук`янчук І.В.</i> Покращення якості хліба з конопляним борошном.....	96
<i>Околита В.Ю., Шевченко В.О., Бабко Є.М., Олішевський В.В.</i> Розробка високоавтивного коагулятора для нейтралізації фосфоліпідів із соняшникової олії.....	99
<i>Денисов К.Е., Зозуля С.О., Десик М.Г., Морфлюк-Щур В.В., Чепелюк О.О.</i> Основні фактори, що визначають якість друкованої продукції на етапі додрукарської підготовки.....	102
<i>Ченцов О.В., Якимчук М.В.</i> Розробка біонічного пристрою захоплення на основі телескопічних сільфоніподібних мембран та оптимізація їх параметрів.....	105
<i>Туфекчі В.І., Токарчук С.В., Костін В.Б., Цимбаленко І.О.</i> Вплив параметрів матеріалу на ефективність пневматичних стопорів: дослідження методом скінченних елементів LS-DYNA.....	108
<i>Міськевич В.Д., Бабанова О.І., Доломакін Ю.Ю., Степанець В.В.</i> Обґрунтування розробки конструкції та технології виготовлення гнучкого споживчого пакування для зернової кави	112
<i>Маркович А.М., Доломакін Ю.Ю., Бабанова О.І.</i> Обґрунтування розробки конструкції та технології виготовлення споживчої упаковки для макаронних виробів.....	117
<i>Магеровський Н.Д., Беседа С.Д., Бабанова О.І.</i> Обґрунтування модернізації апарату для перемішування пшеничних висівок при стерилізації живильного середовища.....	122
<i>Слюсенко А.М.</i> Генеративний дизайн та адитивні технології – новітні підходи до створення пакувальних машин.....	127
<i>Дятел О., Удодов С.</i> Пробіотичний ферментований харчовий напій для дорослих та дітей на основі чайного гриба.....	131
<i>Бабанова О.І., Прасол С.В., Шевченко А.О.</i> Кінетика вакуумного нвч-концентрування та НВЧ-сушіння пряної сировини	133
<i>Гончаренко Т.В., Чорна А.І.</i> Безпечність пакувальних матеріалів для кондитерських виробів.....	136

УДК 641.447:664.5

Кінетика вакуумного нвч-концентрування та НВЧ-сушіння пряної сировини

Бабанова О.І.

Національний університет харчових технологій, (НУХТ), м. Київ, Україна

Прасол С.В., Шевченко А.О.

Державний біотехнологічний університет (ДБТУ), м. Харків, Україна

Вступ. Важливим напрямом підвищення показників економічної діяльності підприємств харчової та переробної промисловості, закладів ресторанного господарства є впровадження новітніх енерго- та ресурсозберігаючих технологій переробки харчової сировини, що забезпечують високу якість готової продукції. Реалізація такого завдання потребує технічного переоснащення підприємств шляхом часткової чи повної заміни існуючого обладнання на нове, більш прогресивне, що тягне за собою додаткові капіталовкладення. При такому підході виробники харчової продукції мають бути зацікавленими в отриманні максимально повної інформації, що дає уявлення про переваги новітніх технологій, процесів та обладнання, які пропонуються для впровадження.

Одним із значимих недоліків, що мають місце в процесах переробки харчової сировини, є значні втрати її харчової та біологічної цінності, особливо на стадії тепло-масообмінної обробки, зокрема під час концентрування, сушіння. В першу чергу це стосується термолабільної сировини, наприклад прямих овочів, які за умов високотемпературного впливу, окрім суттєвого зниження харчової та біологічної цінності, втрачають природні ароматичні та смакові властивості, що не дозволяє повною мірою використати їхній природний потенціал при виробництві харчової продукції на її основі, а також з її використанням в якості смакового та ароматичного компонента [1].

У зв'язку з цим, вирішення проблеми створення енерго- та ресурсозберігаючих способів та обладнання для тепло-масообмінної обробки термолабільної сировини, що забезпечують високу якість готової продукції, має актуальний характер.

Матеріали та методи. В промислових умовах виробництва харчової продукції на основі рослинної сировини для концентрування та сушіння використовують достатньо широкий спектр обладнання, що часто відрізняється громіздкістю, значною металоємністю, а також тривалістю процесу. До перспективних методів тепло-масообмінної обробки відносять обробку в НВЧ-полі [2, 3]. При НВЧ-обробці теплота виділяється одночасно по всьому об'єму продукту, відбувається електроплазмоліз і утворення пористої структури. Відмічається високий рівень збереженості харчових речовин, що зумовлено, по-перше практично миттєвим завершенням процесів життєдіяльності і кліткової метаболічної активності, по-друге суттєвим скороченням тривалості процесу, внаслідок чого в продукті не встигають повністю розвиватися процеси температурного руйнування речовин. Під час визначення кінетики маси внаслідок видалення вологи через кожні 10 хв. процесу здійснювали контрольне зважування зразків за допомогою лабораторних ваг ВЛР1000. Фіксація зміни температури зразка здійснювалась термopарою за допомогою пірометричного мілівольметра Ш-4501. Вміст вологи визначали за допомогою рефрактометра та висушуванням до постійної маси.

Результати та обговорення. Об'єктом досліджень є процеси НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння за умов вакуумування. Як предмет досліджень використовували суміш подрібнених коренів прямих овочів – петрушки, пастернаку, селери, кропу, а також модельний зразок вакуумного апарата НВЧ-нагрівання. Початкові умови є такими: маса зразка – 1 кг, вологовміст суміші під час концентрування – 560 %, під час висушування – 100 %, товщина зразка – 4 та 6 см відповідно. Дослідження проводились у три етапи: 1 – нагрів зразка до температури кипіння рідини; 2 – НВЧ-концентрування суміші до вологовмісту 100 %; 3 – НВЧ-сушіння до кінцевого вологовмісту 10 %.

З результатів досліджень тривалості нагріву зразка до температури кипіння рідини при заданих параметрах вакуумування і потужності нагріву, визначено, що внаслідок інтенсивного

поглинання НВЧ-енергії температура достатньо різко зростає на етапі від початку процесу до настання інтенсивного випаровування вологи. При цьому вакуум істотно знижує температуру нагріву зразка. Безумовно, що на якісні зміни зразка суттєво впливає температура нагріву, за зміною якої можна оцінити критичну тривалість впливу НВЧ-енергії, при якій наступить денатурація білка, що в свою чергу приведе до погіршення якості продукту. Так, зі збільшенням глибини вакуумування в робочій камері знижується кінцева температура продукту, до якої він нагрівається під час нестационарного режиму: при 80 кПа – 93 °С, при 60 кПа – 86 °С, при 50 кПа – 81 °С, а при 40 кПа – 76 °С.

Зі збільшенням потужності нагріву з 0,5 кВт до 2 кВт скорочується тривалість досягнення кінцевої температури при НВЧ-концентруванні та НВЧ-сушінні в 3,9...4,1 рази. Зокрема, при НВЧ-концентруванні тривалість даного етапу скорочується при 80 кПа – з 9,7 хв. до 2,4 хв., при 60 кПа – з 8,8 хв. до 2,2 хв., при 50 кПа – з 8,1 до 2,0 хв., при 40 кПа – з 7,5 хв. до 1,9 хв. При НВЧ-сушінні тривалість етапу скорочується в таких межах: при 80 кПа – з 7,1 хв. до 1,8 хв., при 60 кПа – з 6,4 хв. до 1,6 хв., при 50 кПа – з 5,9 хв. до 1,5 хв., при 40 кПа – з 5,4 хв. до 1,4 хв.

Зі збільшенням глибини вакуумування з 80 кПа до 40 кПа при НВЧ-концентруванні та НВЧ-сушінні скорочується тривалість досягнення вищевказаних значень температури в межах 21...25 %. Так, наприклад, при потужності 0,5 кВт тривалість цього етапу при НВЧ-концентруванні знижується з 9,7 хв. до 7,5 хв., при 1,0 кВт – з 4,9 хв. до 3,7 хв., при 1,5 кВт – з 3,2 хв. до 2,5 хв., при 2,0 кВт – з 2,4 хв. до 1,9 хв. При НВЧ-сушінні відмічається зниження тривалості етапу в таких межах: при потужності 0,5 кВт – з 7,1 хв. до 5,4 хв., при 1,0 кВт – з 3,5 хв. до 2,7 хв., при 1,5 кВт – з 2,4 хв. до 1,8 хв., при 2,0 кВт – з 1,8 хв. до 1,4 хв.

За результатами досліджень впливу потужності НВЧ-нагрівання при глибині вакуумування 80 кПа на кінетику маси та вологовмісту при концентруванні виходить, що отримані залежності при різних значеннях потужності є ідентичними за характером і різняться розбіжністю за часом досягнення певних втрат маси і значень вологовмісту. Безумовно, що найбільш ефективно процес зневоднювання відбувається при більш високих значеннях потужності НВЧ-нагріву: зі збільшенням потужності відбуваються більш суттєві зміни маси й, відповідно, вологовмісту. Так, на етапі концентрування при потужності НВЧ-генератора 0,5 кВт втрати маси в кількості 70 % від початкового значення й, відповідно, зміна вологовмісту 560 % до 100 % відбувається протягом 70 хв., а при 1 кВт – 40 хв., 1,5 кВт – 25 хв., 2,0 кВт – 20 хв. Тобто, тривалість процесу НВЧ-концентрування при збільшенні потужності НВЧ-нагріву з 0,5 до 1,0 кВт скорочується в 1,7 рази, до 1,5 кВт – в 2,8 рази, до 2,0 кВт – в 3,5 рази. Період постійної швидкості характеризується інтенсивним вологовидаленням, а на певному етапі обробки, що відповідає тривалості, відповідно, 25 хв., 15 хв, 10 хв, 5 хв., швидкість вологовидалення сповільнюється. Тобто, вищевказані межі часу відповідають критичним значенням, коли розпочинається період падаючої швидкості вологовидалення.

Для етапу подальшого висушування сконцентрованої суміші за тих самих умов вакуумування, тривалість процесу НВЧ-сушіння при збільшенні потужності НВЧ-нагріву з 0,5 до 1,0 кВт скорочується в 1,8 рази, до 1,5 кВт – в 2,6 рази, до 2,0 кВт – в 3,8 рази. Швидкість вологовидалення сповільнюється, відповідно, через 20 хв., 10 хв., 8 хв, 5 хв. від початку процесу, що відповідають критичним значенням завершення періоду постійної швидкості та початку періоду падаючої швидкості вологовидалення.

Дослідження впливу глибини вакуумування на зміну маси та вологовмісту досліджуваної сировини проводились при незмінній потужності НВЧ-нагріву – 1,0 кВт, а глибина вакуумування змінювалась в межах 80...40 кПа. Отримані залежності при різних значеннях глибини вакуумування є ідентичними за характером і різняться розбіжністю за часом досягнення певних втрат маси і значень вологовмісту, переважно на першій стадії процесу.

Так, через 20 хв процесу НВЧ-концентрування відмічається, що втрати маси при глибині вакуумування 80 кПа складають 55 %, при 60 кПа – 41 %, при 50 кПа – 38 %, а при 40 кПа – 35 %. Ці значення відповідають вологовмісту, відповідно, 200 %, 240 %, 260 %, 280 %. В результаті розбіжність у часі досягнення втрати маси 70 % є незначною. Так, при глибині вакуумування

80 кПа тривалість процесу складає 40 хв, при 60 кПа – 44 хв, при 50 кПа – 46 хв, при 40 кПа – 48 хв. Тобто, зміна глибини вакуумування вдвічі в наведених діапазонах призводить до несуттєвого збільшення тривалості процесу, відповідно на 10 %, 15 % та 20 %. Таким чином, експериментально доведено, що глибина вакуумування впливає на інтенсивність видалення вологи переважно в періоди прогрівання і постійної швидкості концентрування. В період падаючої швидкості глибина вакууму практично не впливає на швидкість видалення вологи.

На етапі НВЧ-сушіння деяка несуттєва розбіжність в результатах відмічається лише протягом перших 10 хв. процесу. За даний час при вакуумуванні 80 кПа втрати маси складають 30 %, при 60 кПа – 25 %, при 50 кПа – 28 %, а при 40 кПа – 20 %. Ці значення відповідають вологовмісту, відповідно, 40 %, 48 %, 54 %, 60 %. Протягом подальшого часу зміни мають ідентичний характер і розбіжності за часом досягнення кінцевого значення вологовмісту (25 хв.) практично не спостерігається.

Далі нами було визначено середню швидкість процесів НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння при потужності нагріву 1 кВт за різних значень глибини вакуумування. У випадку НВЧ-концентрування спостерігається несуттєве зменшення швидкості при збільшенні глибини вакуумування, що обумовлено зниженням температурного режиму. Так, якщо при глибині вакуумування 80 кПа швидкість зміни маси складає $29,2 \cdot 10^{-3} \text{ \%}/\text{с}$, то при 40 кПа – $24,3 \cdot 10^{-3} \text{ \%}/\text{с}$. На етапі НВЧ-сушіння глибина вакуумування практично не впливає на середню швидкість процесу і складає $30 \cdot 10^{-3} \text{ \%}/\text{с}$.

Дані експериментальних досліджень щодо тривалості НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння при різних значеннях потужності та глибини вакуумування добре узгоджуються з результатами теоретичних розрахунків тривалості досліджуваних процесів. В межах збільшення глибини вакуумування з 80 кПа до 40 кПа тривалість НВЧ-концентрування збільшується в середньому на 13...20 %, а тривалість НВЧ-сушіння практично не змінюється.

Висновки. Таким чином, зі збільшенням глибини вакуумування в робочій камері знижується кінцева температура продукту, до якої він нагрівається під час нестационарного режиму. Тривалість досягнення кінцевої температури при НВЧ-концентруванні та НВЧ-сушінні зі збільшенням потужності нагріву з 0,5 кВт до 2 кВт скорочується в 3,9...4,1 рази, а зі збільшенням глибини вакуумування з 80 кПа до 40 кПа – на 21...25 %. Зі збільшенням потужності НВЧ-нагріву скорочується тривалість процесів НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння в 3,5...3,8 рази. Глибина вакуумування впливає на інтенсивність видалення вологи переважно в періоди прогрівання і постійної швидкості НВЧ-концентрування, а в період падаючої швидкості глибина вакууму практично не впливає на швидкість видалення вологи. При НВЧ-сушінні несуттєва розбіжність в результатах зміни маси та вологовмісту в залежності від глибини вакуумування відмічається лише на початковому етапі процесу, а при досягненні критичних значень характер подальших змін має ідентичний характер і розбіжності за часом досягнення кінцевого значення вологовмісту практично не спостерігається. З точки зору збереженості фізико-хімічних властивостей сировини перевагу слід віддати максимально можливому зниженню тиску. За думкою авторів найбільш раціональним є залишковий тиск 40...60 кПа, що не вимагає спеціальних конструктивних заходів для забезпечення герметичності оболонки робочої камери НВЧ-апарата, а процес зневоднювання здійснюється в температурному інтервалі 76...86 °С.

Література

1. Льовщина, Л. Д. Товарознавство плодоовочевих товарів, пряно – ароматичних рослин та прянощів : навчальний посібник / Л.Д. Льовщина, В.М. Михайлов, О. В. М’ячиков. – К. : Ліра – К., 2010. – 388с.
2. Черевко, О. І. Переробка дикорослої та пряно-ароматичної рослинної сировини / О. І.Черевко, Ю. І. Єфремов, В. М. Михайлов. – ХДУХТ, 2007. – 229 с.
3. Черевко, О. І. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник / О. І. Черевко, А. М. Поперечний. – Х. : ХДУХТ, 2002. – 420 с.