

- вого теста [Текст] / Г. О. Магомедов, Е. И. Пономарева, Л. Ю. Рязанова // Хранение и переработка сельхоз сырья. – 2013. – № 2. – С. 38–40.
12. Магомедов, Г. О. Реологические свойства теста с экструдатом овса [Текст] / Г. О. Магомедов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 11. – С. 27–29.
13. Grigelmo-Miguel, N. Development of high-fruit-dietary-fibre muffins [Text] / N. Grigelmo-Miguel, E. Carreras-Boladeras, O. Martin-Belloso // European Food Research and Technology, Springer-Verlag GmbH. – 1999. – № 2. – P. 0123–0128.
14. Самохвалова, О. В. Збагачення маффінів харчовими волокнами [Текст] / О. В. Самохвалова, К. Р. Касабова // Наукові праці ОНАХТ / Одеська національна академія харчових технологій. – 2011. – Вип. 40, Том 1: Техн. науки. – С. 161–163.
15. Самохвалова, О. В. Підвищення якості та харчової цінності маффінів [Текст] / О. В. Самохвалова, С. Г. Олійник, К. Р. Касабова // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: 2013. – Вип. 44. – Том 1. – С. 166–169.
16. Горальчук, А. Б. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик [Текст]: навч. пос. / А. Б. Горальчук та ін. – Харків, 2006. – 63 с.
17. Сафонова, О. М. Технологічні властивості зерна, борошна і тіста [Текст] / О. М. Сафонова, Л. М. Тіщенко, Т. В. Гавриш [та ін.]. – Х.: Віровець А.П. «Апостроф», 2012. – 252 с.

Стаття присвячена визначенню впливу потужності джерела НВЧ-енергії та глибини вакуумування на тривалість нагрівання пряної сировини, вивченню кінетики маси та вологовмісту при мікрохвильовому концентруванні і сушінні за умов вакуумування. Обґрунтовано доцільність досліджень з використанням перемішування. Встановлено можливість інтенсифікації процесів та збільшення ефективності використання НВЧ-енергії

Ключові слова: пряні овочі, НВЧ-концентрування, НВЧ-сушіння, глибина вакуумування, кінетика, маса, вологовміст

Стаття посвящена определению влияния мощности источника СВЧ-энергии и глубины вакуумирования на продолжительность нагрева пряного сырья, кинетики массы и влагосодержания при микроволновом концентрировании и сушки в условиях вакуумирования. Обоснована целесообразность исследований с использованием перемешивания. Установлена возможность интенсификации процессов и увеличения эффективности использования СВЧ-энергии

Ключевые слова: пряные овощи, СВЧ-концентрирование, СВЧ-сушка, глубина вакуумирования, кинетика, масса, влагосодержание

УДК 641.447:664.5

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВАКУУМНОГО МІКРОХВИЛЬОВОГО КОНЦЕНТРУВАННЯ ТА СУШІННЯ ПРЯНОЇ СИРОВИНИ

В. О. Потапов

Доктор технічних наук, професор*

E-mail: prociap_hduht@mail.ru

Ю. І. Єфремов

Кандидат технічних наук, доцент**

С. В. Михайлова

Асистент**

E-mail: prociap_hduht@mail.ru

*Кафедра холодильної та торгівельної техніки***

**Кафедра процесів, апаратів та автоматизації

харчових виробництв***

***Харківський державний

університет харчування та торгівлі

вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

1. 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 – 6].

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.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

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. В той же час для потреб невеликих підприємств, зокрема закладів ресторанного господарства, де продукція переробляється по мірі необхідності невеликими обсягами та в достатньо короткий термін, існуюче обладнання не може бути використаним, а універсальне малогабаритне обладнання, призначене для виконання вищезазначених цілей, практично відсутнє.

Аналізуючи процес теплоперенесення при традиційних способах тепло-масообмінної обробки (концентрування, сушіння) [7, 8] слід зазначити про його достатньо повільний характер, що зумовлений невисокою теплопровідністю рослинної сировини. У поверхневих шарах існує ймовірність локального перегрівання, що погіршує якість продукту. Для попередження перегрівання важливою умовою є регулювання теплового потоку, особливо на завершальному етапі процесу, коли швидкість видалення вологи істотно знижується внаслідок зменшення її концентрації та великого дифузного опору матеріалу.

До перспективних методів тепло-масообмінної обробки відносять обробку в НВЧ-полі [7, 9, 10]. При НВЧ-обробці тепла виділяється одночасно по всьому об'єму продукту, відбувається електроплазмоліз і утворення пористої структури. В результаті цього знижується біологічна активність протоплазми, внаслідок чого клітинний сік виходить у міжклітинне середовище. 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 продукт не встигають повністю розвиватися процеси температурного руйнування речовин.

При атмосферному тиску в випаровування 1 кг води необхідно близько 1,6 кВт-год НВЧ-енергії. З

урахуванням її високої вартості, НВЧ-енергію в промислових умовах використовують переважно з метою суттєвого скорочення процесу тепло-масообмінної обробки, оскільки за рахунок впливу НВЧ-енергії продукт не тільки інтенсивніше нагрівається, але й значно інтенсивніше відбувається перенесення вологи з глибинних шарів до поверхні. Для випарювання вологи з поверхні як правило використовують більш дешеві джерела енергії, чим знижують витрати електроенергії. З іншого боку такий підхід є малоприємним при створенні малогабаритного універсального обладнання, оскільки ускладнює його конструкцію і функціонування.

Відомо, що регулюванням глибини вакууму можна впливати на температурний режим процесу й, тим самим, на зміни фізико-хімічних властивостей продукту, досягаючи максимального збереження його складових компонентів. Проте режими концентрування та сушіння з використанням НВЧ-енергії за умов вакуумування є недостатньо вивченими як з точки зору енергоефективності, так і з точки зору якості готової продукції, що стримує його практичне використання.

3. Мета та завдання досліджень

Метою статті є встановлення кінетичних закономірностей НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння суміші подрібнених коренів прямих овочів за умов вакуумування та отримання практичних даних щодо раціональних режимів їх реалізації. Завданнями даної роботи є визначення впливу потужності джерела НВЧ-енергії й глибини вакуумування на тривалість нагріву зразка, кінетику зміни маси та вологовмісту при НВЧ-концентруванні та НВЧ-сушінні за умов вакуумування, а також тривалість цих процесів.

4. Викладення основних результатів дослідження кінетики вакуумного мікрохвильового концентрування та сушіння прямої сировини

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-нагріву. 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 термодією за допомогою пірометричного мілівольметра Ш-4501. Вміст вологи визначали за допомогою рефрактометра та висушуванням до постійної маси.

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 % (відповідає втратам маси 70 % від початкового значення); 3 – НВЧ-сушіння до кінцевого вологовміс-

ту 10 % (відповідає втратам маси 45 % від попередньо сконцентрованої суміші).

Результати досліджень тривалості нагріву зразка до температури кипіння рідини (тобто нестационарно-го режиму) при заданих параметрах вакуумування і потужності нагріву, наведено в табл. 1.

З отриманих даних видно, 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.

Таблиця 1

Тривалість нагріву зразка до постійної температури (т·60⁻¹, с)

| Тиск P, кПа | Кінцева температура, °С | Потужність нагріву, кВт | | | |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|---------|---------|---------|
| | | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| НВЧ-концентрування | | | | | |
| 80 | 93 | 9,7±0,5 | 4,9±0,2 | 3,2±0,2 | 2,4±0,1 |
| 60 | 86 | 8,8±0,5 | 4,4±0,2 | 2,9±0,1 | 2,2±0,1 |
| 50 | 81 | 8,1±0,4 | 4,1±0,2 | 2,7±0,1 | 2,0±0,1 |
| 40 | 76 | 7,5±0,4 | 3,7±0,2 | 2,5±0,1 | 1,9±0,1 |
| НВЧ-сушіння | | | | | |
| 80 | 93 | 7,1±0,4 | 3,5±0,2 | 2,4±0,1 | 1,8±0,1 |
| 60 | 86 | 6,4±0,3 | 3,2±0,2 | 2,1±0,1 | 1,6±0,1 |
| 50 | 81 | 5,9±0,3 | 2,9±0,1 | 2,0±0,1 | 1,5±0,1 |
| 40 | 76 | 5,4±0,3 | 2,7±0,1 | 1,8±0,1 | 1,4±0,1 |

Зі збільшенням потужності нагріву з 0,5 кВт до 2кВт 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.

Також 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.

На рис. 1 представлено результати досліджень впливу потужності НВЧ-нагріву при глибині вакуумування 80 кПа на кінетику маси та вологовмісту при концентруванні. За наведеними даними 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 з 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.

За наведеними графіками можна також спостерігати, що 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.

Проаналізуємо аналогічні криві, побудовані для етапу подальшого висушування сконцентрованої суміші за тих самих умов вакуумування (рис. 2). Тривалість обробки, протягом якої маса попередньо сконцентрованого зразка змінюється на 45 % до кінцевого вологовмісту 10 % при потужності НВЧ-генератора 0,5 кВт, складає 45 хв., а при 1 кВт – 25 хв., 1,5 кВт – 17 хв., 2,0 кВт – 12 хв. Тобто, 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.

Далі наведено результати досліджень впливу глибини вакуумування на зміну маси та вологовмісту досліджуваної сировини (рис. 3, 4). При цьому дослідження 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 % (рис. 3). Ці значення відповідають вологовмісту, відповідно, 200 %, 240 %, 260 %, 280 %. Протягом подальшого часу спостерігається майже паралельний вигляд графічних залежностей, що вказує на ідентичний характер змін

на цьому етапі. В результаті розбіжність у часі досягнення втрати маси 70 % (вологовмісту 100 %) 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.

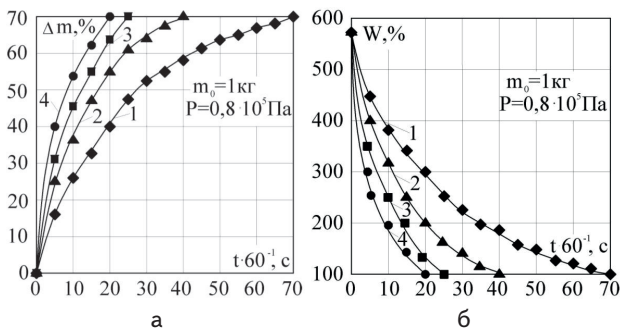


Рис. 1. Вплив потужності НВЧ-нагріву при концентруванні (1 – 0,5 кВт; 2 – 1 кВт; 3 – 1,5 кВт; 4 – 2 кВт): а – на кінетику маси; б – на кінетику вологовмісту

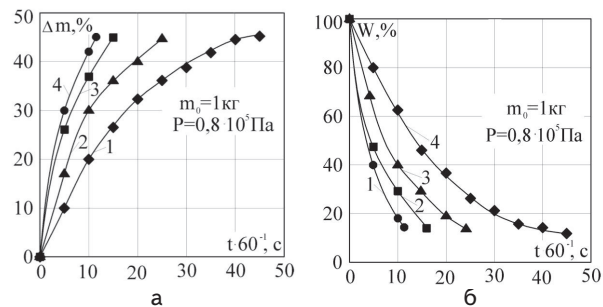


Рис. 2. Вплив потужності НВЧ-нагріву при сушінні (1 – 0,5 кВт; 2 – 1 кВт; 3 – 1,5 кВт; 4 – 2 кВт): а – на кінетику маси; б – на кінетику вологовмісту

На етапі НВЧ-сушіння (рис. 4) деяка несуттєва розбіжність в результатах відмічається лише протягом перших 10 хв. процесу. За даний час при вакуумування 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.

Дані про середню швидкість процесів НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння при потужності нагріву 1 кВт за різних значень глибини вакуумування наведені в табл. 2. 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 $29,2 \cdot 10^{-3} \%/\text{с}$, то при 40 кПа – $24,3 \cdot 10^{-3} \%/\text{с}$. На етапі НВЧ-сушіння глибина вакуумування практично не впливає на середню швидкість процесу і складає $30 \cdot 10^{-3} \%/\text{с}$.

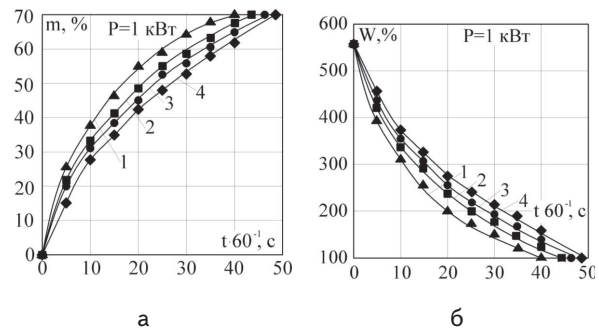


Рис. 3. Вплив глибини вакууму при концентруванні (1 – 80 кПа; 2 – 60 кПа; 3 – 50 кПа; 4 – 40 кПа): а – на кінетику маси; б – на кінетику вологовмісту

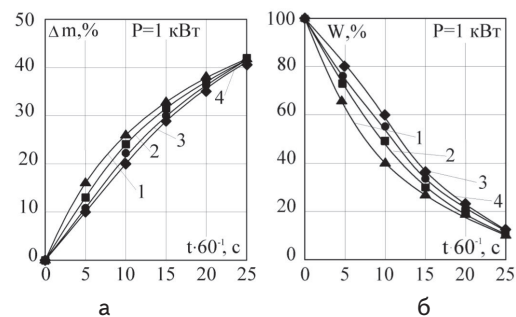


Рис. 4. Вплив глибини вакууму при сушінні (1 – 80 кПа; 2 – 60 кПа; 3 – 50 кПа; 4 – 40 кПа): а – на кінетику маси; б – на кінетику вологовмісту

Таблиця 2

Розрахункові дані середньої швидкості зміни маси при НВЧ-концентруванні та НВЧ-сушінні

| Глибина вакуумування, Па | Швидкість зміни маси $(\Delta m/\Delta t) \cdot 10^3, \%/\text{с}$ | |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------|
| | НВЧ-концентрування | НВЧ-сушіння |
| 0,8 | 29,2 | 30,0 |
| 0,6 | 26,5 | 30,0 |
| 0,5 | 25,4 | 30,0 |
| 0,4 | 24,3 | 30,0 |

Дані експериментальних досліджень щодо тривалості НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння при різних значеннях потужності та глибини вакуумування наведені в табл. 3.

З наведених даних видно, що вони добре узгоджуються з результатами теоретичних розрахунків тривалості досліджуваних процесів, описаних у джерелі [1]. 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.

Таблиця 3

Тривалість процесів НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння суміші подрібнених коренів прямих овочів

| Тиск P, кПа | Потужність нагріву, кВт | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------|------|------|
| | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| тривалість НВЧ-концентрування $\tau \cdot 60^{-1}$, с ($\omega_n=85\%$, $\omega_k=50\%$) | | | | |
| 80 | 70±3 | 40±2 | 25±1 | 20±1 |
| 60 | 74±3 | 44±2 | 27±1 | 22±1 |
| 50 | 77±4 | 46±2 | 28±1 | 23±1 |
| 40 | 79±4 | 48±2 | 29±1 | 24±1 |
| тривалість НВЧ-сушіння $\tau \cdot 60^{-1}$, с ($\omega_n=50\%$, $\omega_k=10\%$) | | | | |
| 80 | 45±2 | 25±1 | 17±1 | 12±1 |
| 60 | 45±2 | 25±1 | 17±1 | 12±1 |
| 50 | 45±2 | 25±1 | 17±1 | 12±1 |
| 40 | 45±3 | 25±1 | 17±1 | 12±1 |

Таким чином, вакуумування при НВЧ-енергопідведенні безумовно знижує ефект вологовіддачі в період прогрівання та постійної швидкості, коли вільної вологи достатньо багато. Це зумовлено як зниженням температури нагріву, так і особливостями перебігу дифузійних процесів в умовах вакуумування. Проте на подальшому етапі зневоднювання, коли структура частково зневоднених частинок чинить суттєвий опір вологоперенесенню, процес проходить за подібними кінетичними закономірностями незалежно від глибини вакуумування.

5. Висновки

1. Зі збільшенням глибини вакуумування в робочій камері знижується кінцева температура продукту, до якої він нагрівається під час нестационарного режиму (в межах глибини вакуумування 80...40 кПа з 93°C до 76°C).

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 %.

2. Зі збільшенням потужності НВЧ-нагріву в межах 0,5...2,0 кВт відбуваються більш суттєві зміни маси й, відповідно, вологовмісту, а також скорочується тривалість процесів НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння в 3,5...3,8 рази.

3. 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. Зміна глибини вакуумування з 80 кПа до 40 кПа призводить до збільшення тривалості процесу на 13...20 %.

4. 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.

5. 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.

6. Розвиток подальших досліджень передбачається з використанням перемішування під час НВЧ-концентрування та НВЧ-сушіння за умов вакуумування, що дозволить інтенсифікувати процеси за рахунок зменшення дифузійного опору та збільшення ефективності використання НВЧ-енергії внаслідок збільшення її проникної здатності.

Література

1. Льовщина, Л. Д. Товарознавство плодовоовочевих товарів, пряно – ароматичних рослин та прянощів [Текст]: навч. пос. / Л. Д. Льовщина, В. М. Михайлов, О. В. М'ячиков. – К.: Ліра – К., 2010. – 388 с.
2. Павлюк, Р. Ю. Товароведение и переработка лекарственно-технического растительного сырья в бад [Текст] / Р. Ю. Павлюк и др. – Х.: ХДУХТ, 2003. – 306 с.
3. Складчикова, Ю. В. Научное обеспечение и разработка способа сушки белых корней пастернака, петрушки и сельдерея при переменном теплоподводе [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.18.12. – Воронеж, 2009. – 185 с.
4. Нестерпна, М. Ф. Химический состав пищевых продуктов: Пищевая промышленность [Текст] / М. Ф. Нестерпна, И. М. Скурухина. – Москва, 1979. – 247 с.
5. Загибалов, А. Ф. Технология консервирования плодов и овощей и контроль качества продукции [Текст] / А. Ф. Загибалов, А. С. Зверькова, А. А. Титова., Б. Л. Флауменбаум. – М.: Агропромиздат, 1992. – 352 с.
6. Черевко, О. І. Переробка дикорослої та пряно-ароматичної рослинної сировини [Текст] / О. І. Черевко, Ю. І. Єфремов, В. М. Михайлов. – ХДУХТ, 2007. – 229 с.
7. Черевко, О. І. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник [Текст] / О. І. Черевко, А. М. Поперечний. – Х.: ХДУХТ, 2002. – 420 с.
8. Черевко, А. І. Прогресивные процессы концентрирования нетрадиционного плодовоовощного сырья [Текст]: монография / А. І. Черевко, Л. В. Киптелая, В. М. Михайлов, А. Е. Загоруйко. – Х.: ХГУПТ, 2009. – 241 с.
9. Рогов, И. А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов [Текст] / И. А. Рогов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 272 с.
10. Липатов, Н. Н. Процессы и аппараты пищевых производств [Текст] / Н. Н. Липатов. – Технология и организация общественного питания. – М.: Экономика, 1987. – 272 с.