

УДК 664.2.083.31.5

TRANSIENTS IN VACUUM TECHNOLOGY STABILIZATION OF PRODUCTS

I. Gonta

Uman National University of Horticulture

V. Gidgelitskiy

Kiev Cooperative Institute of Business and Law

I. Maksimenko

*National University of Food Technologies***Key words:**

Transient
Thermodynamic
Equilibrium
Adiabatic evaporation
Pressure
Temperature
Moisture content

ABSTRACT

The article presents information regarding the thermodynamic features of the processes of dehydration vegetable-fruit products. Due to the fact that these processes are carried out through a phase transformation, this means that the minimum heating costs are determined by the values of vaporization - rafts with overlaying technical losses. Feature of the pulsed vacuum technology is the transition to the modes in which the no - resistance humid material and thermal gradients. Positive effect on the spread of vegetation structure due to tissue destruction and intercellular structures of cell membranes. Last promote rapid release liquid fraction. In conventional vacuum drying technology products supply those pla-carded the conductive manner that imposes certain restrictions. The combination of vacuum technology with microwave techniques in pulsed or continuous modes avoid the pitfalls of relatively equal dimension warm environments and exhaust steam fractions.

Article history:

Received 14.02.2014
Received in revised
form 28.02.2014
Accepted 4.03.2014

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ВАКУУМНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПРОДУКЦІЇ

І.А. Гонта

Уманський національний університет садівництва,

В.М. Гіджеліцький

Київський кооперативний інститут бізнесу і права,

І.Ф. Максименко

Національний університет харчових технологій

У публікації наведена інформація щодо термодинамічних і енергетичних параметрів зневоднення овочевих культур за вакуумування оброблюваних середовищ. Зниження тисків у системі в сполученні з початковими температурами супроводжується кипіння рідинної фази і пароутворенням, інтенсивність яких визначається глибиною входження у термодинамічно незрівноважений стан. Різка зниження тиску від атмосферного до деякого кінцевого супроводжується переходом через стан рівноваги з наступним переходом до нового стану рівноваги за рахунок часткового випаровування рідинної фази. Одержана відповідь на питання щодо параметрів перехідного процесу.

Ключові слова: перехідний процес, термодинаміка, рівновага, адіабатне випаровування, тиск, температура, вологовміст.

© І.А. Гонта, В.М. Гіджеліцький, І.Ф.Максименко, 2014

Вступ. Один з напрямків в розробках технологій довготривалого зберігання сировини рослинного походження стосується примусового і бажано швидкоплинного зниження в ній вологості. Остання у вагомій кількості овочевих і фруктових культур є близькою до 90 %, що створює життєздатні умови для мікроорганізмів.

Зниження концентрації рідинної фракції, яка представлена водою, автоматично пов'язана з підвищенням концентрації сухих речовин, зростанням осмотичних тисків середовищ і зниженням показника активності води.

Сушіння використовується для зниження вологовмісту в оброблюваних середовищах до 6...12 % і потребує помітних енергетичних витрат. При цьому спосіб підведення енергоресурсів має значення з точки зору організації процесу, його інтенсивності, можливостей рекуперації і використання енергетичних потоків, однак корисно використаний тепловий потенціал при цьому однозначно пов'язаний з кількістю видаленої вологої фракції. Іншими словами — боротьба за підвищення коефіцієнта корисної дії системи є цілком визначеною і доцільною, однак з точки зору законів термодинаміки опустити поріг питомих енергетичних витрат нижче теплоти пароутворення неможливо. Пов'язано це з тим, що видалення вологої фракції в процесах сушіння відбувається тільки через утворення парової фази [1, 2].

Одним з джерел енергетичного забезпечення при цьому є теплота самого середовища, яка може використовуватися за вакуумування, однак його потенціал у більшості є недостатнім, що вимагає додаткового підведення теплової енергії. Разом з тим досягнення за рахунок вакуумування режимів адіабатного кипіння супроводжується додатковими фізичними ефектами перехідних процесів з руйнуванням міжклітинних і клітинних рослинних структур. Такий процес у своїй суті відповідає явищам дискретно-імпульсних технологій і супроводжується енергетичними імпульсами, які на порядок і більше відповідають тим, що використовуються в класичних технологіях. Однак відмінністю вакуумних технологій сушіння з імпульсним введенням і виведенням енергетичних потоків є нестационарні термодинамічні показники їх перебігу.

Мета досліджень. У зв'язку з викладеним і феноменологічно визначеними перспективами використання вакуумних імпульсних технологій сушіння овочefруктової продукції метою дослідження обрано поглиблене вивчення їх перехідних процесів з відповідним визначенням параметрів нестационарних процесів.

Методи дослідження обрані на рівні подальшого розвитку феноменологічних висновків і з використанням відповідних математичних формалізацій.

Таблиця 1. Термодинамічні параметри перехідних процесів

Температура фазового переходу, °С	Тиск в системі, МПа	Теплота фазового переходу, кДж/кг	Теплоємність води, кДж/(кг·гр)
0	$6,025 \cdot 10^{-4}$	2501	4,212
5	$8,61 \cdot 10^{-4}$	2489	
10	$1,2 \cdot 10^{-3}$	2477	4,191
15	$1,7 \cdot 10^{-3}$	2465	
20	$2,3 \cdot 10^{-3}$	2454	4,18
25	$3,17 \cdot 10^{-3}$	2442	
30	$4,2 \cdot 10^{-3}$	2430	4,174
35	$5,6 \cdot 10^{-3}$	2418	
40	$7,28 \cdot 10^{-3}$	2406	4,172
45	$9,584 \cdot 10^{-3}$	2394	
50	$12,3 \cdot 10^{-3}$	2383	4,174
60	$19,9 \cdot 10^{-3}$	2358	4,178
70	$31,2 \cdot 10^{-3}$	2373	4,187

Результати досліджень. Технологія процесу передбачає загально відому підготовку сировини до сушіння з врахуванням важливості її початкової температури $t_{(n)}$. Максимальне значення останньої призначається з врахуванням необхідності збереження БАР, вітамінних комплексів тощо. Різке зниження тиску у вакуумній камері, якому відповідає певна температура кипіння рідинної фракції, приводить до порушення умови термодинамічної рівноваги середовища. При цьому рушійним фактором переходу до нового термодинамічного стану рівноваги є різниця

температур $t_{(n)} - t_{(к)}$, де $t_{(к)}$ — температура кипіння за досягнутого розрідження. Очевидно, що ця різниця в часі зменшується від початкового максимуму до нуля. Перехідному процесу відповідають значення параметрів, наведені в табл. 1. В ній представлені величини тисків та відповідних температур фазових переходів, значення теплоти пароутворення і теплоємності води.

Для подальшого поглибленого аналізу ситуації дані таблиці представлені у графічній формі (рис. 1). З графіка видно, що залежність теплоти пароутворення від температури середовища має лінійний характер і найменшому значенню $r = r(t)$ відповідає початок процесу. Така особливість сприяє інтенсивному енергетичному імпульсу разом з вказаним рушійним фактором у формі різниці температур. Математичне відображення залежності $r = r(t)$ записується у вигляді:

$$r = 2501 - 2,4t \quad (1)$$

На відміну від останньої математичної формалізації теплоємність води має залежність від температури останньої з явно вираженим екстремумом.

Графік зміни параметрів тиску і температури середовища показано на рис. 2. На ньому відображено загальний вид залежностей $P = P(\tau)$ і $t = t(\tau)$ та характерні точки 1, 2 та 3 перехідного процесу. Тепловий баланс при цьому складається на основі теплоти випару та кількості випареної рідинної фази і теплоти, втраченої середовищем:

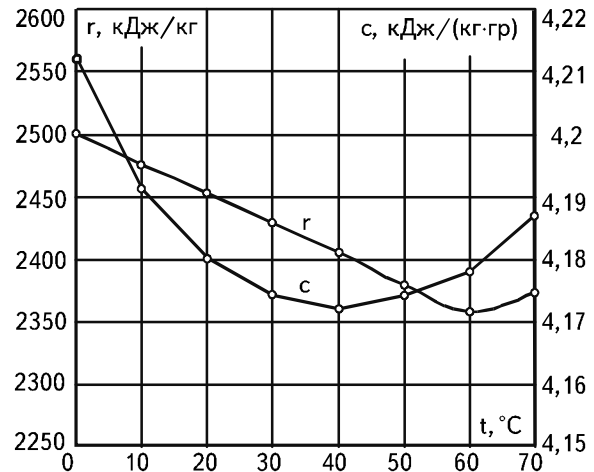
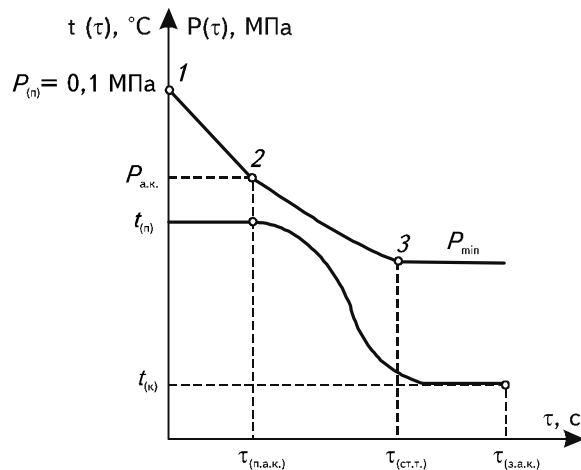


Рис. 1. Залежність теплоти пароутворення і теплоємності водяної фракції середовища від температури

Рис. 2. Графіки зміни тиску $P = P(\tau)$ і температури середовища $t = t(\tau)$ в перехідному процесі:
 1 — початковий тиск в камері;
 2 — тиск початку адіабатного кипіння;
 3 — мінімальний тиск в камері;
 $t_{(n)}$ і $t_{(к)}$ — початкова і кінцева температури середовища; $\tau_{(п.а.к.)}$ — час початку адіабатного кипіння; $\tau_{(ст.т.)}$ — час стабілізації тиску; $\tau_{(з.а.к.)}$ — час завершення адіабатного кипіння



$$m_{\text{вип}} = \frac{m_{(n)} + m_{(к)}}{2} c (t_{(n)} - t_{(к)}), \quad (2)$$

де $m_{\text{вип}} = m_{(n)} - m_{(к)}$ — маса випару; $m_{(n)}$ і $m_{(к)}$ — початкова і кінцева маси середовища; c — середня теплоємність фазового переходу.

Підрахунки щодо величин випару у зв'язку з вакуумуванням середовищ наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Значення випару води з 1 кг середовища при початковій температурі $t_{(n)}$ і $t_{(к)} = 10$ °С

Початкова температура випару $t_{(n)}$, °С	Маса випареної води, кг	Кількість циклів повного випаровування	Кількість циклів 90 %-вого випаровування
15	0,0258	39	35
20	0,0344	29	26
25	0,043	23	21
30	0,0516	20	18
35	0,0602	17	15
40	0,0688	15	13
45	0,774	13	12
50	0,086	12	11
60	0,103	10	9
70	0,1204	9	8

Висновки. Виконана частина досліджень на рівні феноменологічних міркувань і в порівняльних розрахунках дозволяє відмітити наступне.

1. Технології вакуумного сушіння вологовмістких середовищ супроводжуються швидкоплинним адіабатним генеруванням парової фази.

2. Переведення середовища до метастабільного стану за рахунок енергетичного імпульсу вакуумування супроводжується руйнуванням рослинних структур зі звільненням рідинної фази і прискоренням процесів сушіння.

3. Процеси вакуумного сушіння потребують відновлення витраченої на адіабатне утворення парової фази теплової енергії. Таке відновлення можливо здійснювати в безперервному або в імпульсно-му режимах. Важливо, що в обох випадках не має протидії волого матеріальних і енергетичних градієнтів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях* / А.І. Соколенко, А.А. Мазаракі, О.Ю. Шевченко та ін. — К.: Фенікс. — 2011. — 534 с.
2. *Фізико-хімічні методи обробки сировини і стабілізація харчових продуктів* / А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний та ін. — К.: Люксар. — 2009. — 454 с.

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ВАКУУМНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ

И.А. Гонта

Уманский национальный университет садоводства

В.Н. Гиджелицкий

Киевский кооперативный институт бизнеса и права

И.Ф. Максименко

Национальный университет пищевых технологий

В статье представлена информация, касающаяся термодинамических особенностей процессов обезвоживания овощефруктовой продукции. В связи с тем, что эти процессы осуществляются через фазу парообразования, то это означает, что минимальные тепловые затраты определяются величинами теплоты парообразования с наложением на них технических потерь. Особенностью

импульсных вакуумных технологий является переход к режимам, у которых отсутствует противодействие влажностно-материальных и тепловых градиентов. Положительный эффект распространяется на структуру растительных тканей в связи с разрушением межклеточных образований и клеточных оболочек. Последние способствуют быстрому выделению жидкостной фракции. В традиционных технологиях вакуумной сушки продукции подвод тепла осуществляется кондукционным способом, что накладывает определенные ограничения. Сочетание вакуумных технологий с СВЧ методами в импульсных или непрерывных режимах избавлены от недостатков относительно равномерности прогрева сред и отвода паровых фракций.

Ключевые слова: переходной процесс, термодинамика, равновесие, адиабатное испарение, давление, температура, влагосодержание.