

УДК 664.8.022.03

CALCULATION OF TECH-CM PASTEURIZER-HOMOGENIZERS OF PERIODIC ACTION

E. Pahomova

National University of Food Technologies

S. Osipenko

Scientific and Production Private Enterprise «Tekhmash»

Key words:

Hydrodynamic
installation
Cavitation
Pasteurizer-homogenizer
Heating equipment
Multiplicity of circulating

Article history:

Received 20.04.2013
Received in revised form
13.05.2013
Accepted 01.06.2013

Corresponding author:

E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The ability of using the hydrodynamic facilities not only for chopping and homogenization of material, but also as heating equipment for products sterilization has been proved. Correlation between degree of crushing and product temperature has been described. Dependence of particles crushing degree on frequency rate of each particle passage through a zone of hydrodynamic influence in GDM is given. As the result of the research, the calculation of frequency circulation for a product heating up to the pasteurization temperature is shown.

РОЗРАХУНОК ПАСТЕРИЗАТОРІВ-ГОМОГЕНІЗАТОРІВ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ ТИПУ ТЕК-СМ

К.Ю. Пахомова

Національний університет харчових технологій

С.Б. Осіпенко

Науково-виробниче приватне підприємство «Інститут «Текмаш»

Доведено можливість використання гідродинамічних установок не тільки для подрібнення та гомогенізації матеріалів, але і в якості теплового обладнання для стерилізації продуктів. Наведено залежності між ступенем подрібнення, температурою продукту та кратністю проходження кожної часточки через зону гідродинамічної дії. Наведено розрахунок кратності циркулювання для нагріву продукту до температури пастеризації.

Ключові слова: *гідродинамічна установка, кавітація, пастеризатор-гомогенізатор, грюоче обладнання, кратність циркулювання.*

Одним з перспективних напрямів в дослідженні процесів переробки рослинної сировини є удосконалення енерго- та ресурсомістких технологічних процесів і обладнання. Останнім часом, в умовах енергетичної кризи і різкого

зростання цін на енергопостачання, в харчовій промисловості все більше уваги приділяється пошуку нових рішень для забезпечення безвідходної переробки рослинної сировини з мінімальними витратами енергії на забезпечення промислової стерильності консервованого продукту. Найпоширенішим способом знищення мікрофлори рослинної сировини є теплова обробка, реалізація якої вимагає значних енерговитрат (нагрівання продукту ведеться за рахунок теплоносія (вода, пара)). Альтернативою може стати використання процесу кавітації для переробки рослинної сировини. [1, 2].

Метою нашої роботи було дослідити можливість використання гідродинамічних кавітаційних установок в якості пастеризаторів-гомогенізаторів для безвідходної переробки рослинної сировини при виготовленні гомогенізованих продуктів.

Дослідження проводились на гідродинамічних кавітаційних установках, розроблених НВПІ «Інститут «Текмаш» (Україна). Подібний клас апаратів названо пастеризаторами-гомогенізаторами і визначається як установки типу ТЕК-СМ. Слід зазначити, що процес обробки сировини в установках типу ТЕК-СМ суміщає подрібнення, гомогенізацію, перемішування, теплову обробку та деаерацію продукту. Для нагрівання текучої суміші використовуються тільки явища гідромеханіки: турбулентне тертя і кавітація. Крім того, забезпечується рівномірне подрібнення всіх частин сировини (включаючи шкірочку і насіння), що зменшує кількість відходів при виробництві до мінімуму. Така обробка дає можливість зберегти більшість природних біологічно активних речовин продукту, які зазвичай втрачаються в процесі переробки та з відходами.

Для визначення залежностей ступеня нагріву та подрібнення від кратності циркулювання сировини в установці слід, перш за все, визначити тривалість одного циклу роботи установки.

Технічні характеристики використовуваного апарату:

Q — продуктивність насосу — 30 м³/год;

$N_{эл}$ — електрична потужність насосу — 5,5 кВт;

M_1, V — маса і об'єм сировини в апараті — 30 кг;

M — маса металу установки, що контактує із оброблюваною сировиною і нагрівається разом з нею — 200 кг;

t_n — початкова температура металу установки — 55 °С (328 К) (установка нагріта після попередніх варок);

t_k — кінцева температура продукту і металу установки, що контактує з ним — 88 °С (361 К);

c_m — теплоємність сталі — 462 Дж/(кг·К);

Характеристики оброблюваної сировини:

Оброблювана сировина — чорниця;

k — вміст розчинних сухих речовин в чорниці (визначені за рефрактометром) — 11 %;

t_0 — початкова температура чорниці — 3 °С (276 К);

$t_{ст}$ — кінцева температура пастеризації чорниці гомогенізованої — 88 °С (361К);

W — вологовміст чорниці — 86,5 %;

Тривалість одного циклу роботи установки типу ТЕК-СМ Т, с визначається як відношення об'єму, що займає продукт в установці V , m^3 до об'ємного розходу насосу Q , m^3/s .

$$T = \frac{V}{Q} \quad (1)$$

В якості об'ємного розходу насосу для оцінки можна прийняти номінальний, приведений в паспортній характеристиці насосу. Об'єм, що продукт займає в установці, знаходиться як відношення маси оброблюваного продукту M , кг до його істинної густини ρ_u , kg/m^3 .

$$V = \frac{M}{\rho_u} \quad (2)$$

Істинну густину можна знайти як середньозважену величину, якщо відомий вміст сухих речовин і їх густина [3].

$$\rho_s = \frac{267000}{267 - k} \quad (3)$$

Відповідно до формули (3) істинна густина чорничної маси (плющених ягід чорниці) складає 1043 kg/m^3 .

Підставляючи значення в формули (1, 2) визначимо тривалість одного циклу роботи установки: $T = 3,5 \text{ с}$.

В свою чергу час τ , хв роботи установки до досягнення температури пастеризації $t_{ст}$, $^{\circ}C$ можна визначити виходячи з формули:

$$\tau = \frac{n \cdot T}{60} \quad (4)$$

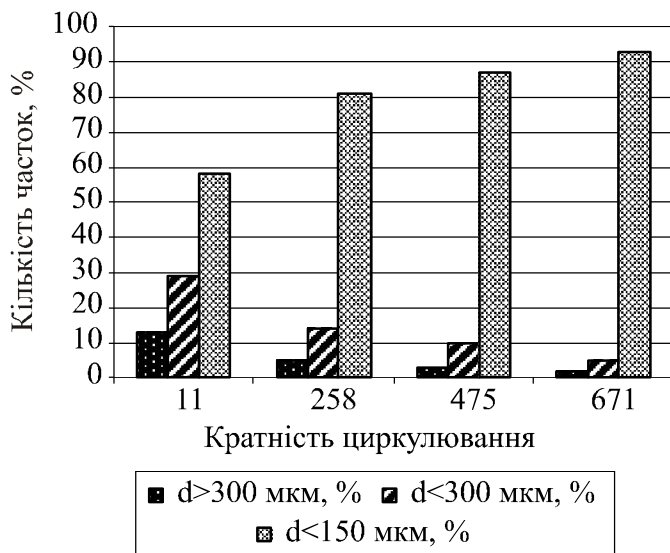


Рис. 1. Залежність розміру часток від кратності циркулювання продукту в установці типу ТЕК-СМ

де n — кратність циркулювання харчової рідини через гідродинамічний модуль до досягнення $t = t_{ст}$.

Відповідно до ДСТУ 4084 якість подрібнення гомогенованих консервів повинна задовольняти таким вимогам: кількість часток м'якоті розміром більше 150 мкм не повинна перевищувати 30% , з них часток розміром більше 300 мкм повинно бути не більше 7% від загальної кількості часток [5].

На рис. 1 показана залежність розміру часток від кратності циркулювання продукту в установці типу ТЕК-СМ.

¹ За даними В.З. Жадан була отримана формула для розрахування істинної густини свіжих продуктів (ρ_i , kg/m^3).

З наведених даних видно, що достатній ступінь подрібнення продукту досягається вже при 50 °С, що відповідає 258 циклам або 15 хв роботи установки. Подальша обробка зумовлена необхідністю забезпечення промислової стерильності продукту.

Для розрахунку кратності циркулювання для нагріву продукту до заданої температури були прийняті деякі спрощення:

1. Зміною густини та питомої теплоємності харчової рідини при нагріванні нехтуємо.

2. Для електродвигуна, використаного в установці типу ТЕК-СМ, ККД приймається $\eta_{\text{эл}} = 0,9$.

3. Витратами теплоти в навколишнє середовище нехтуємо.

Енергія харчової рідини E , Дж, що циркулює по замкненому контуру в апараті типу ТЕК-СМ, повністю переходить в теплову енергію, відповідно твердженню Н. Карно про можливість повного перетворення роботи в теплоту (дисипація енергії в'язкої рідини, що циркулює). Ця енергія нагріває рідину та метал апарату, який контактує з продуктом від початкової температури t_0 , °С до заданої температури стерилізації (пастеризації) $t_{\text{ст}}$, °С:

$$E = (c \cdot M + c_m \cdot M_m) \cdot (t_{\text{ст}} - t_0) \quad (5)$$

Питома теплоємність c , Дж/(кг·К) соковитих фруктів на практиці визначається їх вологістю W , %. Функція $c = f(W)$ описується формулою:

$$c = 1340 + 28,6 \cdot W \quad (6)$$

Зі зростанням температури питома теплоємність продуктів змінюється несуттєво [4].

Рівняння теплового балансу, без урахування втрат в навколишнє середовище (які зазвичай не перевищують 5 – 7 % від енергії, що виділяється в апараті), може бути записане у вигляді:

$$N \cdot \tau = E \quad (7)$$

де τ , с — час досягнення температури $t_{\text{ст}}$, °С (визначається експериментально для кожного типу апарату).

Підставивши формулу (5) в (7), отримаємо:

$$(c \cdot M + c_m \cdot M_m) \cdot (t_{\text{ст}} - t_0) = N \cdot \tau \quad (8)$$

З цього виразу можна теоретично визначити тривалість роботи апарату, необхідну для досягнення заданої температури продукту.

З іншого боку, кратність циркулювання харчової рідини n через гідродинамічний модуль визначається як відношення часу роботи установки τ , с до тривалості одного циклу T , с. Звідси, використовуючи відношення (1 – 8) і, враховуючи різницю вихідних температур продукту і металу установки, що контактує з оброблюваним продуктом, отримаємо формулу для розрахунку кратності циркулювання:

$$n = \frac{[c \cdot M \cdot (t_{\text{ст}} - t_0) + c_m \cdot M_m \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}})] \cdot \rho \cdot Q}{N \cdot M} \quad (9)$$

Підставляючи вихідні дані в формулу (9) визначимо для вирішуваної задачі кратність циркулювання для нагрівання продукту до заданої температури: $n = 671$.

Необхідний час τ , с роботи установки визначається із формули (8) і складає 2340 с (або 39 хв).

Проведені теоретичні розрахунки показали, що для досягнення продуктом (в даному випадку чорницею гомогенізованою) температури пастеризації 88 °С [6] необхідно 671 цикл, що еквівалентно 39 хвилинам роботи установки.

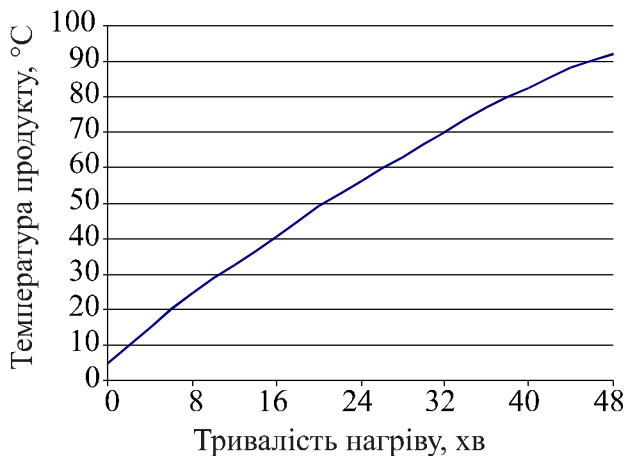


Рис. 2. Динаміка прогріву чорниці

Результати теоретичних розрахунків підтверджуються експериментальними даними, отриманими в ході проведення дослідження. Динаміку прогріву чорниці в установці типу ТЕК-СМ можна прослідкувати за графіком, наведеному на рис. 2.

За даним графіком видно, що фактично нагрівання продукту до 88 °С відбувається за 42 хв, тобто потрібно на 7 % більше часу, ніж розраховано. Це пояснюється витратами теплоти в навколишнє середовище.

Висновки

Беручи до уваги отримані результати можна зробити висновок, що використання гідродинамічних установок (зокрема установок типу ТЕК-СМ) можливе не тільки в якості обладнання для подрібнення і гомогенізації, але і в якості гриючого обладнання для стерилізації продуктів. Особливо слід відмітити, що процеси подрібнення і нагрівання відбуваються одночасно і корелюють між собою, що дозволяє отримувати якісний гомогенний стерильний продукт без використання додаткового обладнання і витрат енергії. Ступінь подрібнення часток оброблюваного продукту прямо пропорційний кратності циркулювання.

Література

1. Промтов М.А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов / М.А. Промтов // Вестник ТГТУ. — 2008. — Т. 14, №4. — с. 12 – 15.
2. Герлига В.А., Притыка И.А., Селянский А.С. Методы кавитационного диспергирования/ Збірник наукових праць СНУЯЕтаП. — 2010. — с. 108 – 115
3. Пахомова Е.Ю. Исследование процесса стерилизации продукта в гидродинамическом аппарате периодического действия / Е.Ю. Пахомова, Ю.А. Дашковский // Актуальные научные вопросы: реальность и перспективы: сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции. — Тамбов, 26 декабря 2011 г.: в 7 частях. Часть 1. — С 126 – 127.

4. А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская. Теплофизические характеристики пищевых продуктов: Справочник. Издание второе, дополненное и переработанное. — М.: «Пищевая промышленность», 1980. — 288 с.

5. ДСТУ 4084 — 2001 «Консерви фруктові пореподібні для дитячого харчування. Технічні умови» — Київ: Держспоживстандарт України, 2001.

6. Бабарин В.П., Мазохина-Поршнякова Н.Н., Рогачев В.И. Справочник по стерилизации консервов. — М.: Агропромиздат, 1987. — 271 с.

РАСЧЕТ ПАСТЕРИЗАТОРОВ-ГОМОГЕНИЗАТОРОВ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ТИПА ТЕК-СМ

Е.Ю. Пахомова

Национальный университет пищевых технологий

С.Б. Осипенко

Научно-производственное частное предприятие «Институт «Текмаш»

Доказана возможность использования гидродинамических установок не только для измельчения и гомогенизирования материалов, но и в качестве теплового оборудования для стерилизации продуктов. Приведены зависимости степени измельчения, температуры продукта и степени измельчения частиц от кратности прохождения каждой частицы через зону гидродинамического воздействия. Приведен расчет кратности циркулирования для нагревания продукта до температуры пастеризации.

Ключевые слова: *гидродинамическая установка, кавитация, пастеризатор-гомогенизатор, греющее оборудование, кратность циркулирования.*