

Литература

1. Храпцов А.Г., Емельянов С.А., Евдокимов И.А. и др. Необходимость бактериальной санации молока-сырья // Молочная промышленность - №3, 2006 г., с. 14 – 16.
2. Шурчкова Ю.А. Адиабатное вскипание (практическое использование) Киев, Наукова думка, 1999 г., 228 с.
3. Шурчкова Ю.О., Ромоданова В.О., Савчук О.М., Недбайло А.Є. Фракційний склад білків та термостійкість молока в залежності від різних способів обробки. //Молочна промисловість №2, 2008р., с. 37-41.
4. Чагаровський В.П., Дімова М.І. Дослідження складу мікроорганізмів і різних таксономічних груп, що знаходяться в молоці // Молочна промисловість – 2004; №1(10), с. 34-37.
5. Пономарев А.Н., Барбашина М.А., Шуваева Г.Л. и др. Состав микрофлоры молока на различных этапах обработки// Молочная промышленность - №9, 2004, с. 31-32.

УДК [664.046-027.3:66.085.4]:544.77

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РЕГУЛЯРНОГО РЕЖИМА
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ.**

**Калинин Л.Г. д.т.н., профессор
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса**

Рассмотрены условия применения методов теории регулярного режима к решению задач тепломассо-переноса при микроволновом подводе энергии.

In this article was examined the form of methods theory of regular regime for problems of heat – and mass transfer with microwave energetic supply.

Ключевые слова: микроволновое поле, тепломассоперенос, регулярный режим.

Для высокоинтенсивного процесса сушки (при наличии градиента давления изнутри сушеного продукта) справедлива система уравнений А.В.Лыкова [Л.1]

$$\begin{cases} \frac{\partial t_1}{\partial F_0} = \frac{\partial^2 t_1}{\partial X^2} - \varepsilon \cdot k_0 \cdot \frac{\partial Q}{\partial F_0} \\ \frac{\partial U_1}{\partial F_0} = Lu \cdot \frac{\partial^2 P_1}{\partial X^2} - Lu \cdot Pn \cdot \frac{\partial^2 t_1}{\partial X^2} - Lu_p \cdot \frac{Bu \cdot \partial^2 P_1}{K_0 \cdot \partial X^2} \\ \frac{\partial P_1}{\partial F_0} = Lu_p \cdot \frac{\partial^2 P_1}{\partial X^2} + \varepsilon \cdot \frac{k_0}{Bu} \cdot \frac{\partial U}{\partial F_0} \end{cases} \quad (1)$$

где $t_1 = \frac{t - t_0}{t_c - t_0}$; $U_1 = \frac{U_0 - U}{U_0 - U_p}$; $P_1 = \frac{P - P_0}{P_0}$ – параметрические функции;

$Bu = \frac{r \cdot c_p \cdot P_0}{c_q \cdot (t_c - t_0)}$ – критерий Булыгина; $Lu = \frac{a_p}{a_q}$ – критерий Лыкова; $X = \frac{1}{R}$ – безразмерная

координата; $k_0 = \frac{r \cdot \overline{U_0}}{c \cdot T_c}$ – критерий Коссовича; $Pn = \frac{a_m^T \cdot \rho_0 \cdot \Delta T}{\lambda_m \cdot \Delta U}$ – критерий Поснова для фильтрационного переноса массы.

Система уравнений (1) имеет решение, полученное Ю.А.Михайловым в виде

$$\begin{cases} t_1 = 1 - \sum_1^{\infty} \sum_1^3 c_{ni} \cdot \cos v_i \mu_n \cdot X \cdot \exp(-\mu_n^2 F_0) \\ U_1 = 1 + \frac{1}{\varepsilon \cdot k_0} \sum_1^{\infty} \sum_1^3 c_{ni} \cdot (1 - v_i^2) \cdot \cos v_i \mu_n \cdot X \cdot \exp(-\mu_n^2 F_0) \\ P_1 = \frac{1}{\varepsilon \cdot Bu} \sum_1^{\infty} \sum_1^3 c_{ni} \cdot v_i \cdot \cos v_i \mu_n \cdot X \cdot \exp(-\mu_n^2 F_0) \end{cases} \quad (2)$$

В [Л.2] показано, что, ограничиваясь первыми членами рядов в (2) можно свести систему (2) к виду

$$\begin{cases} t_1 = 1 - A_1 U_1 \cdot \exp(-m_1 F_0) \\ U_1 = 1 - A_2 U_2 \cdot \exp(-m_2 F_0) \\ P_1 = 1 - A_3 U_3 \cdot \exp(-m_3 F_0) \end{cases} \quad (3)$$

Логарифмируя (3), получим

$$\begin{cases} \ln t_1 = -\ln A_1 U_1 - m_1 F_0 \\ \ln U_1 = -\ln A_2 U_2 - m_2 F_0 \\ \ln P_1 = -\ln A_3 U_3 - m_3 F_0 \end{cases}$$

После дифференцирования

$$\begin{cases} \frac{1}{t_1} \frac{\partial t_1}{\partial \tau} = -m_{01} \tau \\ \frac{1}{U_1} \frac{\partial U_1}{\partial \tau} = -m_{02} \tau \\ \frac{1}{P_1} \frac{\partial P_1}{\partial \tau} = -m_{03} \tau \end{cases} \quad (4)$$

Система (4) представляет по определению зависимости полей температуры, влагосодержания и давления внутри сушеного продукта в зависимости от времени, причем коэффициенты пропорциональности m_{01} , m_{02} , m_{03} принципиально могут быть определены экспериментально. Как известно, наиболее просто это делается для случая нахождения темпа изменения температуры.

Не смотря на общую форму уравнений, входящих в систему (4) темпы изменения температуры, влагосодержания и давления внутри сушеного объекта будут существенно различны по следующей причине. При конвективно-кондуктивной сушке градиент температуры противоположно направлен по отношению к градиенту влагосодержания и давления. Объективно это приводит к тому, что темп изменения температуры значительно (на порядки) выше, чем m_{02} и m_{03} . Ситуация изменяется коренным образом при микроволновой сушке, когда энергия подводится не поверхностно, а по всему объему, энерговыделения прямо пропорциональны влагосодержанию, давление влаги в капиллярных каналах растет с увеличением температуры, а $\text{grad } t$, $\text{grad } U$ и grad однонаправлены. В этих условиях можно ожидать, что, зная величину m_{01} (её определить легче всего) можно оценить и значения m_{02} , m_{03} . Нельзя ожидать полного численного совпадения всех темпов m_{01} , m_{02} , m_{03} . Однако, основываясь на положениях второй теоремы Кондратьева [Л.3], которая гласит: при больших значениях Vi темп изменения температуры прямо пропорционален коэффициенту теплопроводности.

$$a_t = k \cdot m_{\infty 1} \quad (5)$$

По аналогии можно предположить, что коэффициент массопроводности

$$a_m = k \cdot m_{\infty 2} \quad (6)$$

$$a_p = k \cdot m_{\infty 3} \quad (7)$$

где a_p – коэффициент баропроводности. Коэффициент k зависит только от формы и размеров тела.

Для эталонного тела заданной (определённой) формы из эксперимента легко, зная $m_{\infty 1}$ найти величину $k = a_t \cdot (m_{\infty 1})^{-1}$, после чего из (6), предварительно определив из эксперимента $m_{\infty 2}$, можно найти a_m .

Для нахождения величины a_p следует сделать предположение, что поскольку связь между давлением и температурой в узком диапазоне может быть признана линейной, допустимо, что $m_{\infty 1} \approx m_{\infty 3}$ и тогда

$$a_p = k \cdot m_{\infty 1} \approx a_t \quad (8)$$

Те, кто занимался проблемами использования микроволновой энергии, обычно сталкиваются с большими трудностями при попытках изменений любых величин (включая температуру) внутри рабочего объема камеры или пространства взаимодействия электромагнитного поля с системой. Рассчитывать на появление нового поколения инструментария, которое решит эту проблему не приходится. Поэтому поиск методических решений на основе известных подходов актуален и своевременен.

Главный вывод: для температуры, влагосодержания и избыточного давления существуют режимы, которые можно определить как регулярные.

В частности, для температуры

$$\ln t_1 = \ln(A_1 U_1) - m \tau = c - m \tau \quad (9)$$

$A_1 U_1$ – функция, определяемая видом геометрической формы и размерами тела, $c = c(x, y, z)$. Откуда получается известное выражение

$$\frac{1}{t_1} \cdot \frac{\partial t_1}{\partial \tau} = -m = const \quad (10)$$

При нагревании тела (дисперсной системы) с помощью микроволнового ЭМП справедливо соотношение

$$V \cdot c_p \cdot \rho \cdot (t - t_0) = A \cdot E^2 \cdot f \cdot \sqrt{\epsilon^1} \cdot tg \delta \dots \tau \cdot V$$

$$\frac{1}{\tau} = m = \left(\frac{A \cdot E^2 \cdot \sqrt{\epsilon^1} \cdot tg \delta \cdot f}{V \cdot c_p \cdot (t - t_0) \cdot \rho} \right) \quad (11)$$

Из эксперимента можно найти

$$m = \frac{\ln(t_1)_2 - \ln(t_1)_0}{\tau_2 - \tau_0} \quad (12)$$

И тогда при известных значениях V , c_p , δt , ϵ^1 , $tg \delta$, f можно определить значение E в любой точке камеры

$$E = \sqrt{\frac{m \cdot V \cdot c_p \cdot \delta t}{A \cdot \sqrt{\epsilon^1} \cdot tg \delta \cdot f}} \quad (13)$$

Кроме того, располагая образцом для которого известно значение $\sqrt{\epsilon^1} tg \delta$ можно воспользоваться соотношениями

$$\left. \begin{aligned} m_1 &= \frac{AE^2 \cdot (\sqrt{\epsilon^1} tg \delta)_1 \cdot f}{V_1 \cdot c_{p1} \cdot (t - t)_1} \\ m_2 &= \frac{AE^2 \cdot (\sqrt{\epsilon^1} tg \delta)_2 \cdot f}{V_2 \cdot c_{p2} \cdot (t - t)_2} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

откуда

$$(\sqrt{\epsilon^1} tg \delta)_2 = \frac{m_1}{m_2} \cdot (\sqrt{\epsilon^1} \cdot tg \delta)_1 \cdot \frac{V_2 \cdot c_{p2} \cdot (t - t)_2}{V_1 \cdot c_{p1} \cdot (t - t)_1} \quad (15)$$

Из приведенного материала видно, что методы регулярного режима, примененные к условиям микроволнового нагрева, могут дать большой объем информации, который не может быть получен никакими другими способами. Простота метода регулярного режима (достаточно измерения температуры в одной и той же точке тела (среды) дискретно даже остановив процесс подвода энергии), относительная легкость обработки полученного материала, а также возможность определения следующих параметров системы

- коэффициентов температуропроводности, влагопроводности, баропроводности,
- напряженности поля в пространстве взаимодействия ЭМП с продуктом,

— произведение $\sqrt{\varepsilon^1} \operatorname{tg} \delta$ важнейший параметр, учитывающий характер поглощения электромагнитной энергии системой, создают условия для широкого использования этого метода в качестве надежного инструмента экспериментатора.

Литература.

1. А.В.Львов Теория сушки. «Энергия», –М, 1968, 470с
2. В.П.Исаченко, В.А.Осипова, А.С.Сухомел. Теплопередача. «Энергия», –М, 1975, 480с
3. Г.М.Кондратьев. Регулярный тепловой режим. ГИТТЛ, Гостехиздат, 1954, 408с

УДК 664.8.033:664.8.036

РОЗРОБКА ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕРОБКИ ДПРАС Й ОБЛАДНАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НВЧ-НАГРІВУ І ВАКУУМУВАННЯ.

Михайлова С.В., аспірант, Єфремов Ю.І., канд.техн.наук, доцент,
Кострова К.В., студент, Деменко А.А., студент
Харківський державний університет харчування та торгівлі
м. Харків

Стаття присвячена дослідженню дрібнодисперсних систем на основі рослинної сировини з використанням НВЧ-нагріву і вакуумування.

The article is devoted to research of the of shallow dispersions systems on the basis of vegetable raw material with the use of OHF-heating and vacuum.

Ключові слова: пряно-ароматична сировина, НВЧ-нагрів, вакуумування, біологічно активні речовини.

Постанова проблеми у загальному вигляді. Для нормальної життєдіяльності людина має потребу в сбалансованому харчуванні, яке враховує вживання (в залежності від віку) основних харчових компонентів (білків, жирів та вуглеводів), біологічно активних речовин (мінеральні речовини, вітаміни, органічні кислоти), харчових волокон та води.

Наряду с культивованою рослинною сировиною, дикоросла та пряно-ароматична сировина є основним постачальником вуглеводів, вітамінів, мінеральних солей, харчових волокон, біологічно активних речовин, органічних кислот, ефірних масел, дубільних речовин. За рахунок цього, розробка перспективних ресурсозберігаючих технологій переробки дикорослої та пряно-ароматичної сировини, яке забезпечує мінімальні затрати його харчового та біологічного потенціалу, а також енергозберігаючого обладнання для їх реалізації, є актуальною проблемою.

Слід зазначити що особливо гостро стоїть проблема з топливно-енергетичними ресурсами і технологічна обробка має проводитися за малий час та за раціональними параметрами.

У світовій практиці найбільш перспективними є технології отримання продукції у вигляді дрібнодисперсних систем, що обумовлено кращим ступенем засвоювання в організмі людини.

Мета та завдання статті. Основною метою статті є розробка технологічних процесів переробки дикорослої та пряно-ароматичної сировини з використанням НВЧ-нагріву і вакуумування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки дуже активно вчені України займаються розробкою перспективних технологічних процесів і отриманням нової продукції на основі дикорослої та пряно-ароматичної сировини. Цією проблемою займалися ряд вчених ХДУХТ, які визначали актуальність проблеми в якості сировини було досліджено плодово-ягідна і лікарська сировина.

Аналіз сучасного стану проблеми процесів і апаратів при переробці дикорослої і пряно-ароматичної сировини дозволив критично оцінити матеріально технічну базу підприємств, що займаються їх переробкою. Тривалість обробки у традиційному концентруванні (сушінні) харчових систем за рахунок впливу електромагнітного поля та рівномірного нагріву, по об'єму вдається скоротити у 5...10 разів. При цьому температура вологи у продукції досягає 95...100 °С. Харчова промисловість та підприємства ресторанного господарства використовують НВЧ печі різної конструкції для концентрування, сушіння, смаження.