

## КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ СТЕВИИ В МИКРОВОЛНОВОЙ ВАКУУМ-ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКЕ

Бурдо О.Г., д-р техн. наук, профессор,  
Ружицкая Н.В., канд. техн. наук., ассистент,  
Макаренко Т.А., аспирант,  
Малашевич С.А., инженер

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*В статье рассматриваются недостатки традиционных технологий выпаривания. Предлагается обеспечить равномерность подвода энергии за счет использования микроволновых технологий. Описана конструкция лабораторного образца вакуум-выпарной установки с микроволновым подводом энергии. Рассмотрены перспективы использования микроволновых технологий выпаривания для производства концентратов стевии. Приведены результаты экспериментальных исследований концентрирования экстрактов стевии.*

*In current paper disadvantages of traditional evaporating technologies are analyzed. It is proposed to provide energy supply uniformity due to using of microwave technologies. The structure of laboratory pattern of vacuum-evaporation system with microwave energy supply is described. The prospects of microwave evaporation technologies in Stevia Rebaudiana extracts concentration are considered. The results of experimental researches of Stevia Rebaudiana extracts concentration are given.*

Ключевые слова: вакуум-выпарные аппараты, микроволновые технологии, стевия.

Процесс выпарки является ключевым в технологиях целого ряда пищевых продуктов. Известно, что теплопроводность пищевых продуктов (соки, экстракты) с увеличением содержания сухих веществ понижается. За счет этого в большинстве существующих выпарных аппаратов не обеспечивается равномерный подвод энергии к продукту, что ведет к его «пригоранию», т.е. термическому повреждению, а также снижает энергетическую эффективность процесса.

Проблему равномерности подвода энергии можно решить с использованием микроволновых технологий. Микроволны – неионизирующие волны частотой от 300 МГц до 300 ГГц и в электромагнитном спектре располагаются между рентгеновскими и инфракрасными лучами [1].

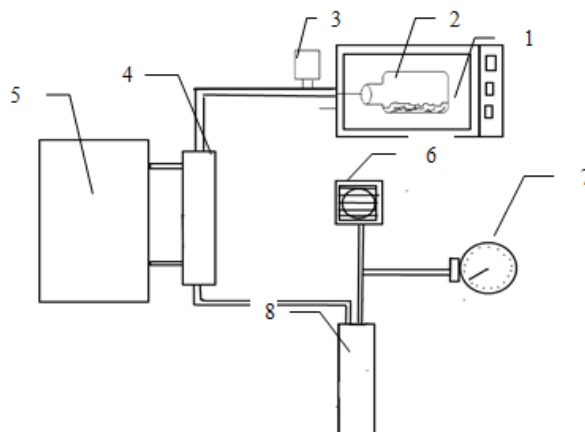
При этом допускается что нетермическое действие микроволн на химические соединения отсутствует. Квант микроволновой энергии выражается обычным уравнением  $W = h\nu$ . В диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц, соответствующие энергии составляют  $1,24 \cdot 10^{-6} - 1,24 \cdot 10^{-3}$  эВ, что значительно ниже энергии ионизации биологических соединений (13,6 эВ), энергии ковалентных связей типа ОН (5 эВ), водородных связей (2 эВ), межмолекулярного взаимодействия Ван-дер-Ваальса (меньше 2 эВ) и даже меньше энергии, связанной с Броуновским движением при 37 °С ( $2,7 \cdot 10^{-3}$  эВ). С этой точки зрения прямая микроволновая активация молекул исключается [2].

При микроволновом подводе энергии, энергия подводится непосредственно к молекулам воды в продукте, так как сухие вещества как правило радиопрозрачны. Очаги парообразования возникают во всем объеме и выполняют функцию греющей поверхности. Таким образом площадь поверхности теплообмена должна возрастать на порядки. Реализуется схема подвода энергии, показавшая высокую эффективность в технологиях сушки [3, 4].

В пищевых технологиях одним из решающих параметров, диктующих требования к проведению технологического процесса и оборудованию, является качество продукта. Воздействие высоких температур, как правило, ухудшает вкус и аромат продуктов, способствует окислению или разрушению биологически активных веществ, таких как витамины, полиненасыщенные жирные кислоты, пигменты. В то же время низкие температуры обработки не позволяют инактивировать всю патогенную микрофлору в продукте, что снижает сроки его хранения и вынуждает использовать консерванты. Ряд работ подтверждает эффективность низкотемпературной пастеризации и стерилизации пищевых продуктов в микроволновом поле [5].

На кафедре процессов, аппаратов и энергетического менеджмента разработана вакуум-выпарная установка периодического действия с микроволновым подводом энергии.

Схема установки представлена на рис. 1.



**Рис. 1 – Микроволновая вакуум-выпарная установка**

Установка работает следующим образом. В инверторной микроволновой камере 1 размещается реакционная емкость 2 из радиопрозрачного материала. В емкость заливается упариваемый экстракт. Для предотвращения локальных перегревов продукта емкость приводится в движение электродвигателем 3. Пары экстрагента поступают в конденсатор 4, в который холодный теплоноситель подается из холодильной установки 5. Вакуум в системе создается вакуум-насосом 6 и контролируется вакуумотером образцовым 7. Дистиллят стекает из холодильника в приемную емкость 8.

Важной особенностью данной установки является обеспечение высокой герметичности. Это позволяет использовать её для отгонки легколетучих и пожароопасных экстрагентов, таких как этанол, гексан, ацетон.

Технологии вакуум-выпарной выпарки были применены для концентрирования экстрактов стевии *Stevia Rebaudiana* – природного сахарозаменителя. Стевия содержит 6-18 % гликозида стевииозида, который слаще сахара в 250...300 раз. Не вызывает повышения уровня глюкозы в крови. В качестве сахарозаменителя её широко применяют в Японии, а в США и Канаде используют как пищевую добавку. Медицинские исследования также показали хорошие результаты использования стевии для лечения ожирения и гипертонии. Кроме того листья стевии содержат флавоноиды, водорастворимые хлорофиллы и ксантофиллы, оксикоричные кислоты (кофейная, хлорогеновая), 17 аминокислот, минеральные соединения, витамины А, С, Д, Е, К, Р, сапонины, клетчатку, дубильные вещества, микроэлементы, эфирное масло [6]. Комплекс этих соединений позитивно действует на организм человека, в том числе снижает уровень глюкозы и инсулина в крови, улучшает функциональные возможности иммунной системы, обладает антиоксидантным, антикариесным и антибактериальным действием [6].

Существует целый ряд способов получения экстрактов стевии. Однако все они отличаются или высокими температурами обработки (около 100 °С) или продолжительностью (до 20...30 часов). При этом в большинстве способов обязательной стадией является концентрирование экстракта выпаркой [7, 8].

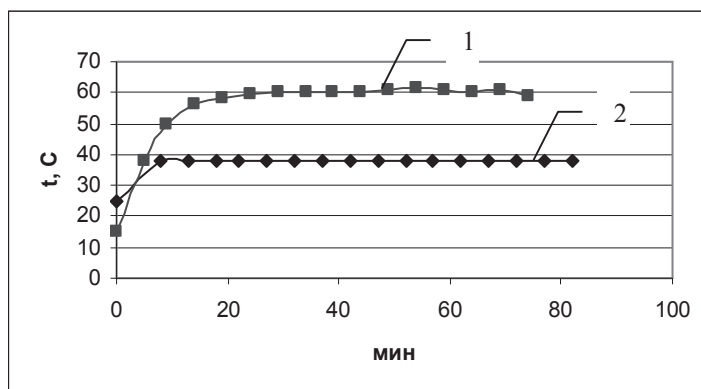
Были получены образцы экстракта стевии при температуре 40...45 °С, гидромодулях 1:25, 1:50 в микроволновом поле. Продолжительность процесса не превышала 40 минут. При этом основная масса экстрактивных веществ была извлечена в течение первых 20 минут. Удалось извлечь 44...46% сухой массы листьев.

Полученные экстракты концентрировались в микроволновой вакуум-выпарной установке. Характеристика проведенных экспериментов приведена в табл. 1.

**Таблица 1 – Характеристики экспериментов**

Параметр	Режим 1	Режим 2
Вакуум, кПа	11...12	11...12
Энергоподвод, Вт/кг	570	280
Температура, °С	60	38

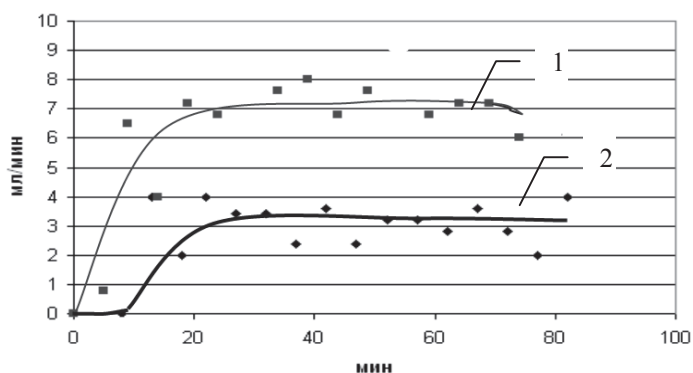
По термограммам (рис.2) видно, что с увеличением количества подведенной энергии значительно растет температура. В первом опыте она держалась на уровне 60 °С, в то время, как температура кипения воды при данном давлении не превышает 47 °С. Это указывает на перегрев смеси и пара и недостаточно эффективное использование энергии.



1 - Режим 1; 2 - Режим 2

**Рис. 2 – Термограммы процесса выпаривания экстракта стевии:**

Из графиков расхода конденсата (рис. 3) видно, что в Режиме 1 процесс испарения протекал одновременно с нагревом экстракта.



1 - Режим 1; 2 - Режим 2

**Рис. 3 – Расход конденсата**

В результате получен экстракт стевии с концентрацией сухих веществ 11,6%. Такого экстракта достаточно 3...4 капли на 1 чашку чая или кофе (рис. 4).

**Выводы.** Применение микроволновых технологий позволяет добиться равномерности подвода энергии к продукту в выпарном аппарате и исключить промежуточный теплоноситель. При этом энергия подводится непосредственно к воде (полярному экстрагенту) в продукте.

За счет того, что по всему объему выпариваемого продукта возникают очаги парообразования, на порядки возрастает поверхность теплообмена в аппарате.

Температура выпариваемого продукта зависит не только от давления в аппарате, но и от количества подведенной микроволновой энергии и может значительно превышать температуру кипения. В то же время, интенсивное испарение воды

**Рис. 4 – Экстракт стевии**

#### Литература

1. PHCOG REV.: Microwave Assisted Extraction – An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research [Text] / Vivecananda Mandal, Yogesh Mohan, S. Hemalatha // Pharmacognosy Reviews, Vol.1, Issue 1, Jan-May, 2007, P. 7 – 18.
2. Chemat-Djenni Z. Atmospheric Pressure Microwave Assisted Heterogeneous Catalytic Reactions [Text] / Z. Chemat-Djenni, Boudjema Namada, F. Chemat // Molecules 2007, 12, P. 1399 – 1409.
3. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок. – Одесса: «Полиграф», 2010. – 368 с.

4. Бурдо О.Г. Исследование модуля ленточной сушилки растительного сырья с комбинированным электромагнитным подводом энергии / Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Яровой И.И., Ружицкая Н.В. // Труды IV Международной научно-практической конференции «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов СЭТТ-2011)». – Т. 1, Москва, 2011. – С. 422 – 426.
5. Бурдо О.Г., Рыбина О.Б. Процессы инактивации микроорганизмов в микроволновом поле [Текст]. – О. : Полиграф, 2010. – 200 с.
6. Коренман Я.И., Мельникова Е.И., Нифталиев С.И., Боева С.Е. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ STEVIA REBAUDIANA В. // Современные наукоемкие технологии. – 2007. – № 4 – С. 16-19
7. Пат. № 2239333 Российская Федерация МПК А23L1/236, А23L1/22. СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРАКТА ИЗ РАСТЕНИЯ STEVIA REBAUDIANA BERTONI ДЛЯ КОНСЕРВИРОВАНИЯ / Шаззо Р.И., Ерашова Л.Д., Павлова Г.Н., Ермоленко Р.С., Алехина Л.А., Артюх Л.В. – 2003111515/13; заявл. 21.04.2003; опубл. 10.11.2004
8. Пат. № 2167544 Российская Федерация МПК А23L1/236, С12G1/00. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКСТРАКТА ИЗ РАСТЕНИЯ STEVIA REBAUDIANA BERTONI ДЛЯ ВИНОДЕЛИЯ / Шаззо Р.И., Ерашова Л.Д., Дергунов А.В., Жуков А.И. – 99105187/13; заявл. 09.03.1999; опубл. 10.04.2001

УДК 664.061.4:084

## АНАЛІЗ ДИСПЕРСНОГО СТАНУ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ЗЕРНОВОГО ПОХОДЖЕННЯ

**Чорний В. М., студент, Прищепя Ю. Ю., студент,  
Лапінa Н. В., студент, Ляшко Г. В., студент, Рибачок А. В., студент,  
Мисюра Т. Г., канд-т техн. наук, доцент,  
Попова Н. В., канд-т техн. наук, доцент,  
Запорожець Ю. В., канд-т техн. наук, доцент  
Національний університет харчових технологій, м. Київ**

*Представлено результати досліджень дисперсного аналізу рослинної сировини зернового походження. На підставі отриманих даних побудовано диференціальні та інтегральні криві дисперсного складу сировини зернового походження різного помелу.*

*Results of the research of dispersed analysis of plant material grain origin. Based on these data constructed differential and integral curves of particulate materials of different origin grain milling.*

Ключові слова: дисперсний аналіз, рослинна сировина, диференціальна крива, інтегральна крива.

У харчовій промисловості широко використовується процес подрібнення. Тому для попередньої характеристики подрібнення і визначення гранулометричного складу подрібнених сипких матеріалів використовується ситовий аналіз, що являє собою механічне розділення частинок сипкого матеріалу на фракції при його просіванні через набір стандартних сит, розмір отворів яких послідовно зменшується зверху вниз; частинки, що пройшли ці отвори, показують фракцію меншу від даного розміру (прохід), а ті, що не пройшли — фракцію більшу від даного розміру (схід) [1, 2].

Ситовий аналіз — визначення фракційного вмісту чи розподіл по розмірах частинок порошку і гранул просіюванням через сита.

Ситовий аналіз заснований на механічному розподілі частинок за крупністю. Просіювання здійснюють на різних ситах, що мають різноманітну форму і розміри отвору.

Використання ситового аналізу має ряд обмежень:

- для проведення аналізу потребується, як правило, достатньо велика кількість матеріалу (зазвичай не менше 25 г);

- метод не застосовується до несипучих або матеріалів які забивають отвори сита порошкоподібних матеріалів (маслянисті, липкі, схильні до комкування, тощо);

- якщо досліджувані зразки гігроскопічні або, навпаки, легко втрачають вологу, при проведенні аналізу слід контролювати вологість і температуру навколишнього середовища.

Визначення зернистого складу сипких матеріалів визначається за допомогою спеціального набору сит, розміри отворів яких зменшуються від сита до сита у сталому співвідношенні. Для виконання сито-