

$$\alpha = J_0\left(\frac{\lambda_1(R-a)}{R}\right); \beta = J_1\left(\frac{\lambda_1(R-a)}{R}\right).$$

Обчислення параметрів (8) просто реалізувати в програмах, що містить функції Бесселя $J_0(x)$ й $J_1(x)$. Тут отримані формули осової й радіальної швидкості, а обчислення окружної швидкості можна зробити без операції інтегрування. Формулу тиску можна одержати інтегруванням по одній змінній, використовуючи рівняння Нав'є-Стокса.

Висновки

Допущення про орієнтацію ротора поля швидкостей дозволяє знайти аналітичне рішення системи рівнянь нерозривності та руху в'язкої рідини. Динаміка рослинної олії в центрифугі визначається рішенням стаціонарної задачі при досить великій кутовій швидкості.

Література

1. Осадчук П. І. Теоретичні основи технології очищення рослинних олій. Наукові праці ОНАХТ, Випуск 37 - 2010 р. - 135-139 с.
2. М. Корн, Т. Корн. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М: Изд. «Наука» - 1973. - 832 с.

УДК 665.3.061.3

ЭКСТРАГИРОВАНИЕ МАСЕЛ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОВОЛНОВОГО ПОЛЯ

Буйвол С.М., аспирант, Бурдо А.К., к.т.н., ассистент, Светличный П.И., к.т.н., доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г.Одесса

Одним из важных направлений производства масла является интенсификация процесса экстрагирования. В наше время при производстве масла из растительного сырья почти не используют электромагнитный нагрев, который дает хороший результат. За счет влияния электромагнитного поля при экстрагировании можно получить больший процентный выход масла с наиболее ценными компонентами, сократить длительность технологического процесса и интенсифицировать его, а также снизить затраты энергии.

One of the important points in the production of oil is intensification of the extraction process. At present oil production from raw material does not use electromagnetic heating which gives a good result. Owing to the influence of the electromagnetic field we can get greater percent of the oil yield with more valuable components, to reduce time of the technological process, energy costs and intensify this process.

Ключевые слова: растворитель, экстрагирование, интенсификация, масообмен, микроволновая техника.

Экстрагирование с помощью микроволновой техники (МВТ) является революционным методом извлечения целевых компонентов, основанном на селективном и ограниченном нагревании остаточной влаги в растительном материале [1]. Этот локализованный нагрев идет очень быстро и завершается разрушением физической структуры исходного материала, что ведет к прямому перемещению целевых компонентов в растворитель. Этот процесс позволяет извлекать более широкий диапазон растворимых веществ, подбирая необходимый растворитель.

Экспериментальное моделирование процесса экстрагирования масла из растительного сырья.

Сведения об объеме экспериментального моделирования приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Диапазон экспериментальных данных

Сырье	Гидромодуль	Экстрагент	Мощность, Вт	Температура, °С	Размер частиц, мм
Амарант	1:1 – 1:4	спирт, гексан	127 – 425	20 – t кип	0,28 – 1,5

Методика експериментального дослідження заключалась в наступому. Ціліе і дробленіе зерна помещали в стеклянну колбу і подвергали впливню електромагнітного поля в течение 20-24 минут при разной мощности микроволнового поля. В процессе обработки температура реакционной массы повышалась до температуры кипения.

Организация микроволновой обработки в процессе движения потока в внешнем циркуляционной контуре гарантирует развитие бародиффузионных процессов во всем объеме сырья. Такое решение, выбор экологически безопасного экстрагента и режимных параметров (кратность циркуляции и размеры частиц твердой фазы) обеспечивают получение масел высокого качества из растительного сырья.

Типичные кинетические зависимости процесса экстрагирования из растительного сырья (в данном случае зерна амаранта) представлены на рис. 1 и рис.2.

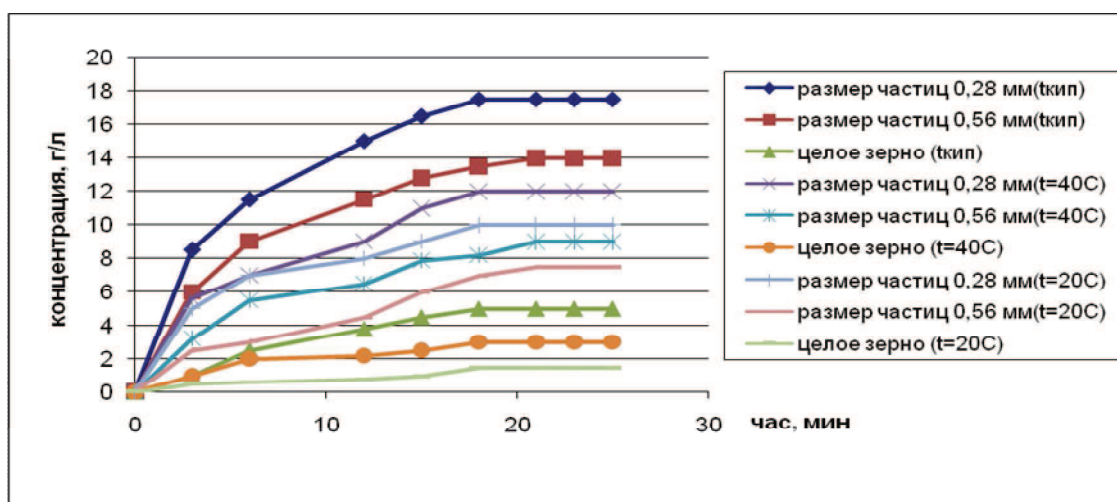


Рис. 1 – Зависимость концентрации масла от времени при использовании растворителя – спирта

Для активации молекул используют электромагнитное поле, которое приводит к движению частиц. Образующий слой частиц приводит к турбулизации потока и эффективному перемешиванию реакционной массы. Турбулизация потока и действие электромагнитного поля приводит к изменению коэффициента масопереноса и скорости процесса.

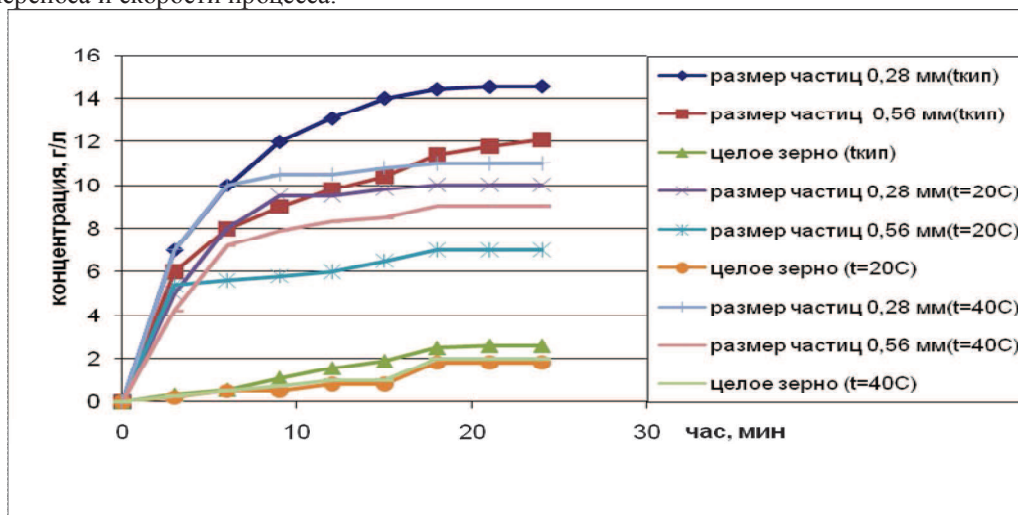


Рис. 2 – Зависимость концентрации масла от времени при использовании растворителя – гексана

Экспериментальное моделирование процесса экстрагирования масла из хвои. В качестве основного сырья использовали хлорофиллсодержащие растения хвойных пород. Хлорофилл - это растительный пигмент порфириновой структуры. По концентрации витаминов группы В хвоя сосны и ели превосходит вегетативные органы злаковых. Ценность хвои далеко не исчерпывается содержанием в ней витами-

нов макро и микроэлементов. Главным прибывает и наличием в хвое фитонцидов. При этом кожура хвойных содержит большее число фитонцидов, чем хвоя.

Для получение хвойного экстракта иголки хвои измельчают и помещают в стеклянную посуду, заливают горячей водой в соотношении 1:10, $T = 60 - 80 \text{ }^\circ\text{C}$. Заданную температуру поддерживаем с помощью СВЧ-поля. Каждые 20 минут отбираем пробы и снимаем показания оптической плотности – исследуем изменение концентрации растворимых веществ в экстракте.

Нами исследовано влияние СВЧ нагрева на процесс экстракции. Интенсивность цвета определяли по сумме оптических плотностей растворов определенной концентрации при максимуме поглощения в видимой области спектра (380...420 нм) и минимуме поглощения в области (320...340 нм):

$$U = E_{\max}(380...420) + E_{\min}(320...340)$$

где U – интенсивность цвета; O – изменение интенсивности зелёной окраски;

$E_{\max}(380...420)$ – максимальная оптическая плотность при длине волны 380 – 420 нм; $E_{\min}(320...340)$ – минимальная оптическая плотность при длине волны 320 – 340 нм.

Изменение интенсивности зелёной окраски определяли по отношению оптической плотности при минимуме спектральной кривой в области 320 – 340 нм к максимальной области 380 – 420 нм.

$$O = E_{\min}(320...340) / E_{\max}(380...420)$$

Выбор этих показателей обусловлен тем, что область 380...420 нм характеризует чистые зелёные, а область 320...340 нм – желтые и коричневые тона, характерные для меланоидинов и продуктов конденсации и полимеризации флавоноидов (табл. 1).

Таблица 2 – Расчет интенсивности цвета экстракта и изменения интенсивности зелёной окраски в полученных экстрактах

Продолжительность экстракции, мин	$E_{\min} 320...340$	$E_{\max} 380...420$	U	O
20	1,261	1,0	2,261	1,261
40	0,978	0,9	1,878	1,087
60	1,351	1,3	2,65	1,039
80 мин	1,22	1,4	2,62	0,871
120 мин	1,38	1,45	2,94	0,952

По полученным результатам можно судить о том, что действие СВЧ-поля позволило интенсифицировать процесс экстракции растворимых веществ из хвойного сырья водной средой. Лучшие показатели получены при длительности экстракции 80 мин. При более длительной экстракции происходит существенное изменение интенсивности зелёной окраски, что ухудшает органолептические показатели и приводит к снижению биологической ценности продукта.

Методика обобщения экспериментальных данных.

Обобщение базы экспериментальных данных проводилось на основе теории подобия с использованием метода анализа размерностей [2].

Список параметров, которые анализируются, представлены в таблице 3. Все параметры содержат только три основных размерности: длину (м), массу (кг) и время (с).

Таблица 3 – Список параметров

Параметр	Символ	Размерность
Средний коэффициент массоотдачи	β	$м \cdot с^{-1}$
Размер частицы	d	$м$
Средняя плотность потока	ρ	$кг \cdot м^{-3}$
Средняя вязкость потока	μ	$кг \cdot м^{-1} \cdot с^{-1}$
Коэффициент диффузии	D	$м^2 \cdot с^{-1}$
Теплота парообразования	r	$м^2 \cdot с^{-2}$
Мощность микроволнового поля	N	$кг \cdot м^2 \cdot с^{-3}$
Разность концентраций	ΔC	$кг \cdot м^{-3}$
Гравитационная постоянная	g	$м \cdot с^{-2}$
Расход продукта	$G_{пр}$	$кг \cdot с^{-1}$
Расход растворителя	$G_{роз}$	$кг \cdot с^{-1}$

На основании метода анализа размерностей получим степенную функцию зависимости коэффициента массоотдачи от определенных параметров:

$$\frac{M}{c} = (M)^a \cdot \left(\frac{KZ}{M^3}\right)^b \cdot \left(\frac{KZ}{M \cdot c}\right)^c \cdot \left(\frac{M^2}{c}\right)^e \cdot \left(\frac{M^2}{c^2}\right)^f \cdot \left(\frac{KZ \cdot M^2}{c^3}\right)^g \cdot \left(\frac{KZ}{M^3}\right)^h \cdot \left(\frac{M}{c^2}\right)^i \cdot \left(\frac{KZ}{c}\right)^j \cdot \left(\frac{KZ}{c}\right)^k \quad (1)$$

Действие бародиффузии за счет микроволнового поля определяется разностью давлений в зоне канала, величина которой пропорциональна энергии, необходимой для парообразования, т.е. величинам удельной теплоты парообразования γ и мощности поля N .

Для учета влияния микроволнового поля предлагается новый безразмерный комплекс, который получен в результате следующей комбинации:

$$\left(\frac{\mu^2}{d^2 \cdot r \cdot \rho^2}\right)^{-f} \cdot \left(\frac{N \cdot d \cdot \rho^2}{\mu^3}\right)^g \cdot \left(\frac{G_{\text{роз}}}{d \cdot \mu}\right)^{-1} = \frac{N}{G_{\text{роз}} \cdot r} = Bu \quad (2)$$

Модель процесса экстрагирования при микроволновом энергоподводе выражается зависимостью числа Шервуда (Sh) от чисел Шмидта (Sc), энергетического воздействия (Bu) и безразмерного параметрического комплекса (Γ), учитывающего значение гидромодуля.

$$Sh = A \cdot Sc^n \cdot \Gamma^m \cdot Bu^k \quad (3)$$

Число Bu показывает соотношение между энергией излучения и той энергией, которая необходима для преобразования в пар всего раствора, проходящего через экстрактор. Чем больше число Bu , тем больше образовывается паровой фазы, тем больше градиент давлений, тем интенсивнее выбросы насыщенного экстрагента из глубины капилляров, тем больше турбулизация пограничного слоя.

Выводы

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что в сравнении с классическими технологиями интенсификации процесса тепломассопереноса при использовании МВ-техники представляется реальным и очень перспективным.

На основании полученных данных, видим, за счет влияния электромагнитного поля можно получить больший процентный выход масла с более ценными компонентами, сократить длительность технологического процесса и интенсифицировать его, а также снизить затраты энергии.

Литература

1. Бурдо О.Г., Ряшко Г.М. Экстрагирование в системе «кофе-вода». Одесса, 2007.-176 с.
2. Буйвол С.М. Узагальнення бази експериментальних даних при екстрагуванні рослинної сировини в електромагнітному полі [Текст] / С.М. Буйвол, О.Г. Бурдо // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Мелітополь – 2011 – Вип. 11 – Том 6 – С. 234 – 238.

УДК 664.723.047

ЭЛЕКТРОДИФФУЗИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ТЕРМОСИФОННЫХ АППАРАТАХ

Терзиев С.Г., Кураков О.М.

Одесская национальная академия пищевых технологий

Анализируются проблемы потерь энергии и готового продукта при сушке пищевых продуктов. Рассматривается цепь термических и диффузионных сопротивлений при движении паропылегазового потока в термосифонном утилизаторе. Формулируется сопряженная задача тепломассопереноса в пучке двухфазных термосифонов.

The problems of energy and finished product loss during food products drying are being analyzed. The chain of thermal and diffusion resistances during vapor-dust-gas flow in thermosyphon utilizer is considered. The heat-and-mass transfer adjoint problem in two-phase thermosyphon bundle is formulated.

Ключевые слова: технологии сушки, энергоэффективность, тепломассоперенос, аэрозольные потоки, термосифоны.