

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОФЕ

Макневская Т.Л., аспирант  
Одесская национальная академия пищевых технологий

*Использование электромагнитного излучения при экстрагировании из кофейных зерен является перспективным направлением. Его применение в производстве растворимого кофе позволит не только улучшить качество получаемого продукта, но и повысить эффективность процесса, уменьшить массообменные характеристики оборудования и снизить величину затрат энергии.*

*Приведены результаты разработки микроволнового (МВ) экстрактора непрерывного действия для производства экстрактов кофе, как из молотого кофейного зерна, так и из кофейного шлама. представлена кинетика комбинированных процессов экстрагирования из кофейного сырья, методика расчета и оптимизации экстрактора с микроволновым подводом энергии при минимизации энергозатрат.*

*The possibility of using electromagnetic radiation from the extraction of the coffee beans is a promising direction. Its use in the production of soluble coffee will not only improve the quality of the product but also increase the process efficiency, reduce mass transfer features reduce the amount of equipment and cost of electrical energy.*

*To develop the microwave (MW) continuous extractor for the production of coffee extracts, both from ground coffee beans and from coffee cuttings was kinetics combined processes of raw coffee extract, the method of calculation extractor with microwave energy supply while minimizing energy consumption.*

**Ключевые слова:** энергетическая эффективность, энергия, процесс экстрагирования.

Одним из основных процессов, в значительной степени, определяющих эффективность технологического цикла получения растворимого кофе, является экстрагирование. В настоящее время он, главным образом, осуществляется методом батарейной диффузии и не обеспечивает получения готового продукта высокого качества.

Разработанные и общепринятые технологии получения растворимого кофе часто приводят к потере ряда вкусоароматических и красящих веществ, само производство отличается значительной энергоемкостью, длительностью технологического процесса, потерей ценных компонентов, что увеличивает себестоимость и снижает качество конечного продукта. Значительны потери водорастворимых веществ с кофейным шламом, приходящиеся как на жидкую, так и на твердую части шлама. Они составляют, в некоторых случаях, 15 - 20 % от общего содержания водорастворимых веществ в сырье [1]. Остаточные водорастворимые вещества в кофейном шламе имеют полноценный химический состав и не уступают по качеству содержащимся в кофе, поэтому шлам является ценным дополнительным источником для увеличения выхода готового продукта.

На кафедре процессов, аппаратов и энергетического менеджмента разработан микроволновой (МВ) экстрактор непрерывного действия для производства экстрактов кофе, как из молотого кофейного зерна, так и из кофейного шлама. Разработанный МВ-экстрактор прошел стендовые исследования, изучена кинетика комбинированных процессов экстрагирования из кофейного сырья, разработана методика расчета экстрактора с микроволновым подводом энергии.

Непрерывный процесс экстрагирования характеризуется тем, что все его стадии протекают одновременно, но разобщены в пространстве, т.е. загрузка сырья, его непосредственная обработка и выгрузка происходят одновременно в определенной последовательности. Опыты проводились в различных диапазонах изменения мощности микроволнового поля, объемов загрузки кофейного сырья и расхода экстрагента. Задачами экспериментальных исследований кинетики комбинированных процессов экстрагирования из кофейного сырья являлось определение влияния следующих режимных параметров на интенсивность массопереноса: соотношения жидкой и твердой фаз, характера энергетического подвода, температуры экстрагента (Т), скорости потока экстрагента (w).

В процессе экстрагирования в импульсном электромагнитном поле параметр температуры однозначно связан с мощностью излучения, поэтому данная серия опытов изучала не раздельное, а совместное влияние этих параметров на основной кинетический параметр – коэффициент массоотдачи (β). Эксперимент проводился под влиянием импульсного электромагнитного поля разной мощности 30...100 % (рис. 1 и 2).

Последовательное увеличение мощности МВ поля приводило к росту температуры экстрагента. Наблюдения показали, что повышение мощности СВЧ-энергии может повысить выход растворимых веществ более чем в два раза.

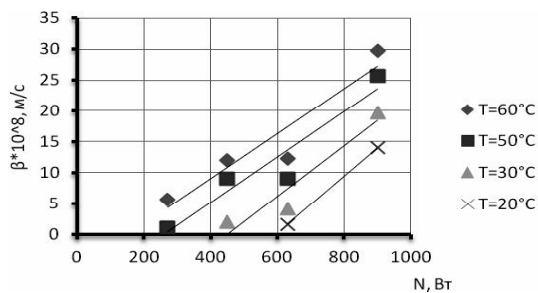


Рис. 1 – Влияние характера энергоподвода на величину коэффициента массоотдачи

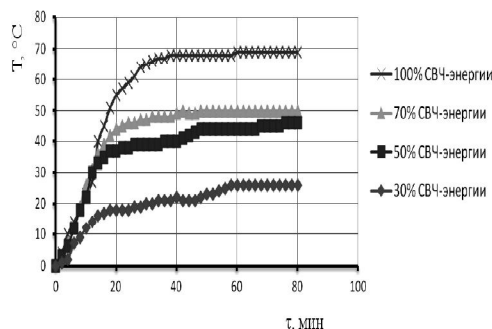


Рис. 2 – Влияние мощности МВ поля на температуру экстрагента

Определялось влияние на массоперенос непосредственно скорости потока экстрагента (рис. 3).

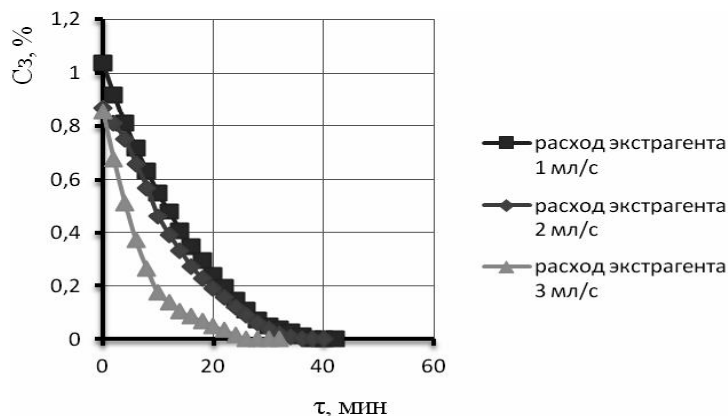


Рис. 3 – Влияние расхода экстрагента на процесс экстрагирования из кофейного шлама

Видно (рис.3), что повышение скорости потока в 3 раза в 2 раза сокращает время доэкстрагирования из кофейного шлама.

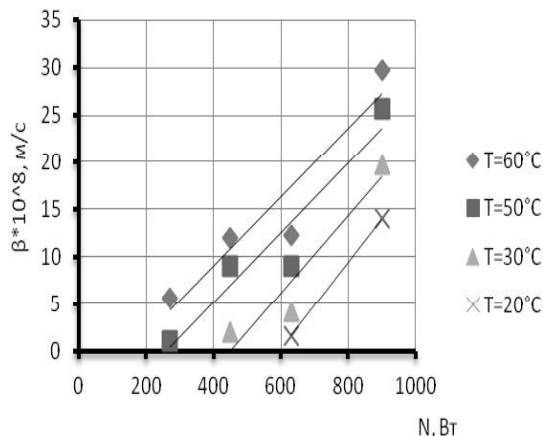


Рис. 4 – Частная зависимость  $\beta=f(N)$

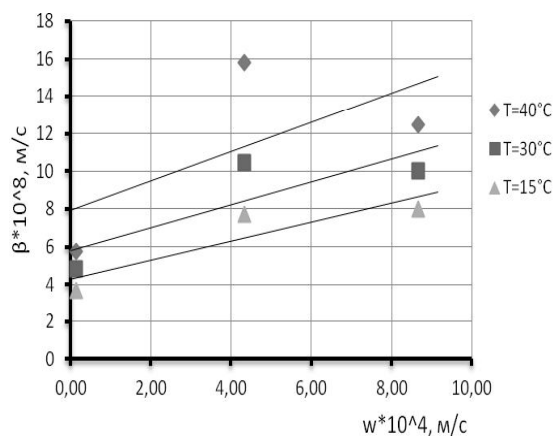


Рис. 5 – Частная зависимость  $\beta=f(w)$

Установлено влияние расхода экстрагента и мощности микроволнового поля. Эти показатели являются наиболее важными при выборе рационального режима работы экстракционного оборудования. Сог-

ласование этих параметров позволяет организовывать процесс интенсивно и в то же время без лишнего парообразования в каналах, т.е. при обеспечении надежной гидродинамической ситуации в потоке.

Полученные экспериментальные зависимости обрабатывались с целью оценки скорости процесса, определения значений соответствующих коэффициентов массоотдачи  $\beta$ .

После обработки полученных результатов было получено значение коэффициента массоотдачи (рис. 4 и 5) от мощности микроволнового поля и от скорости движения экстрагента внутри слоя сырья в экстракторе. База экспериментальных данных обобщена методами наименьших квадратов и получено критериальное уравнение для расчета числа Стентона массообменного:

$$St_m = 0,004 (Re)^m (Sc)^n (\Pi)^k (Bu)^p \quad (1)$$

Уравнение (1) является ключевым при расчете МВ-экстрактора непрерывного действия. Главными независимыми входными параметрами в данном случае являются начальные состояния экстрагента, твердой фазы и производительность аппарата. Для расчета задаем концентрацией экстрактивных веществ в твердом теле и экстракте, температурой экстрагента и давлением в аппарате. Варьируемыми параметрами выступают расход экстрагента, концентрация раствора на выходе из аппарата, температура процесса, мощность электромагнитного поля, конструктивные особенности экстрактора.

Структура расчета такой задачи в общем виде представлена в виде следующей блок-схемы (рис. 6). К числу основных факторов, влияющих на работу экстрактора, относим: термодинамические факторы – константы фазового равновесия, определяющие направление процесса; технологические параметры проведения процесса, оказывающие влияние на скорость и селективность всего процесса; гидродинамические факторы, характеризующие межфазную поверхность фаз; кинетические и массообменные факторы, характеризующие скорость процесса и включающие коэффициенты массопередачи растворимых веществ.

Из уравнения (1) определяется значение коэффициента массоотдачи  $\beta$ .

При расчете коэффициента  $\beta$  учитывается режим течения экстрагента (число  $Re$ ), изменение теплофизических свойств потока (число  $Sc$ ), безразмерная проницаемость слоя зерен (число  $\Pi$ ), а также степень микроволнового воздействия (число  $Bu$ ). Исходными данными для расчета числа Стантона (число  $St_m$ ) являются число Рейнольдса, высота слоя ( $H$ , м), мощность микроволнового поля ( $N$ , Вт), объемный расход экстрагента ( $V_p$ , м<sup>3</sup>/с), теплофизические свойства раствора. Безразмерная проницаемость слоя определяется отношением площади контакта фаз и высоты слоя:  $\Pi = F_k / H^2$ . А коэффициент массоотдачи рассчитывается из числа Стентона массообменного:

$$\beta = St_m w \quad (2)$$

Влияние импульсного электромагнитного поля на процесс экстрагирования из кофейного сырья инициирует бародиффузию - эффективный механизм переноса экстрактивных веществ. В зависимости от соотношения режимных параметров значения коэффициента массоотдачи при экстрагировании из кофейного зерна можно увеличить в 2...4 раза в сравнении с традиционной технологией. При этом степень извлечения экстрактивных веществ из зерен увеличивается на 10 %.

Для противоточных экстракторов формирование предельного диффузного слоя при движении экстрагента сквозь пористый материал определяется гидродинамической ситуацией в канале, который учитывается числом  $Re$ , а также числом парообразования  $Bu$ .

Определяющее влияние на значение коэффициента массоотдачи имеет мощность электромагнитного поля.

Изготовленный образец экстрактора с электромагнитными интенсификаторами проходит производственные испытания.

#### **Вывод**

Задача повышения энергетической эффективности процесса экстрагирования при производстве экстрактов кофе требует поиска нетрадиционных решений и подходов. Для решения задачи использованы уникальные возможности электромагнитного поля. Установлено, что воздействие микроволнового поля позволяет на 10% повысить выход экстрактивных веществ и существенно уменьшить продолжительность, а, следовательно, и энергоемкость процесса производства экстрактов кофе из кофейного сырья.

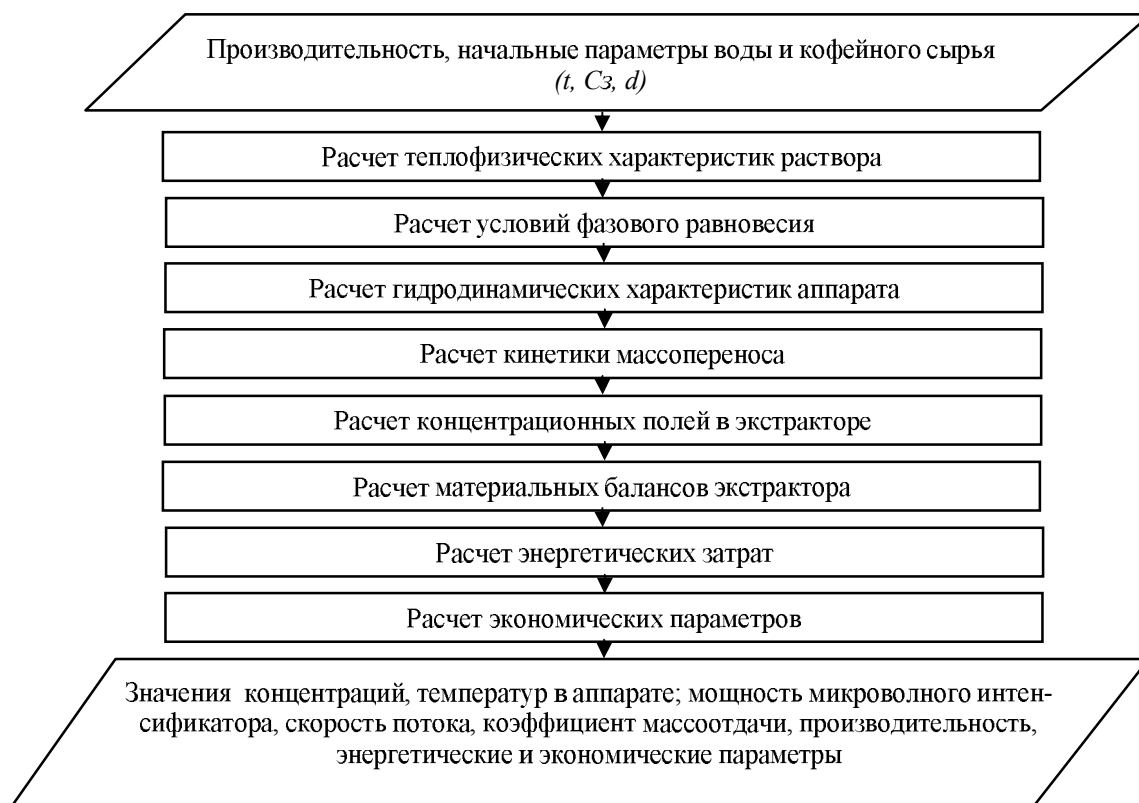


Рис. 6 – Блок-схема расчета микроволнового экстрактора

#### Література

1. Бурдо О.Г., Ряшко Г.М. Экстрагирование в системе «кофе вода». Одесса, 2007. – 176 с.

УДК 615.012.014

## КІНЕТИКА І МЕХАНІЗМ ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Семеншин Є.М., д-р. техн. наук, професор, Стадник Р.В., к.т.н., асист., Федорчук-Мороз В.І., к.т.н., доц., Фесенко С.В., студ., Маслов Ю.В. студ.  
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

*Виконано дослідження та аналіз кінетики та механізму екстракційного вилучення олії з рослинної сировини – амаранту, ріпаку та рижю. Розроблені математичні моделі, за допомогою яких можна встановити механізм процесу (внутрішньодифузійний, зовнішньодифузійний та змішаний). Досліджено кінетику та механізм процесу екстрагування олії з насіння рижю. Показано переваги рижю по основних параметрах порівняно з ріпаком з точки зору кінетики.*

*The research and analysis of kinetics and mechanism of oil extraction from raw materials, such as Amaranth, rapeseed and camelina, have been completed. Mathematical models for establishment of the process mechanism (inner diffusion, external diffusion and mixed) have been formulated. Kinetics and oil extraction process mechanism from camelina seeds have been studied. Advantages of camelina based on main characteristics compared to rapeseeds in terms of kinetics have been revealed.*

**Ключові слова:** екстрагування, дифузія, амарант

Однією з проблем сьогодення, від вирішення якої залежить економічне становище України, є стабільне забезпечення її енергоресурсами. Потреба країни в нафтопродуктах в середньому складає 24-28 млн. тон у рік. Одним із напрямків розв'язання цієї проблеми є освоєння нетрадиційних джерел енергії. Найперспективнішим нетрадиційним джерелом є рослинні олії та тваринні жири, які можуть успішно