

мальний вихід на всьому досліджуваному інтервалі температур (табл. 1). На каталізаторах $K_1 - K_4$ найвищий вихід продукту одержано при температурі здійснення процесу конденсації 593 К. При мінімальному вмісті промотора (K_1) за такої температури вихід МАК становить 35,7 %. На каталізаторі K_2 вихід становить 39,4% – це максимальний вихід основного продукту, якого вдалося досягнути, використовуючи оксид ванадію як промотор. При подальшому збільшенні значення атомного співвідношення V/P вихід МАК поступово знижується до 33,6 % на каталізаторі K_4 .

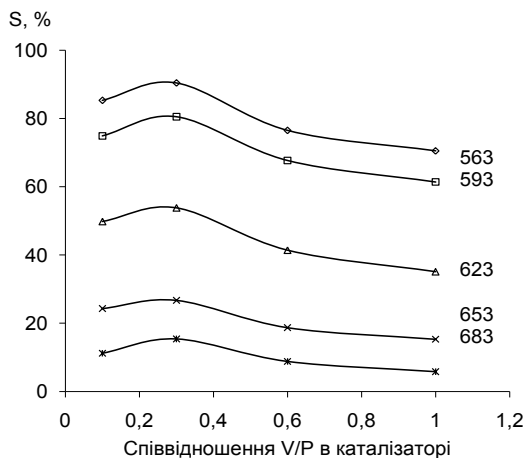


Рис. 2. Вплив складу $V_2O_3 - P_2O_5 - V_2O_5$ каталізатора на селективність утворення МАК при температурах 563 – 683 К; час контакту – 12 с.

4. Висновки

Отже, серед досліджених $V_2O_3 - P_2O_5 - V_2O_5 / SiO_2$ каталітичних систем оптимальною за виходом цільового продукту є система з атомним співвідношенням $V/P = 0,3$. На такій каталітичній системі при температурі 593 К вихід метакрилової кислоти становить 39,4 % при селективності її утворення 80,5 %.

Література

1. Nagai, K. New developments in the production of methyl methacrylate [Текст] / K. Nagai // Applied Catalysis A: General. – 2001. – Volume 221. – P. 367-377.
2. Жизневський, В.М. Одержання акрилатних мономерів газозфазно-каталітичною конденсацією карбонільних сполук в газовій фазі [Текст] / В.М. Жизневський, Р.В. Небесний, В.В. Івасів, С.В. Шибанов // Доповіді НАН України. – 2010. – №10. – С. 114–118.
3. Спосіб отримання каталізатора газозфазної конденсації насичених карбонових кислот з формальдегідом [Текст]: пат. 51555 Україна: ПК В01J 27/00, В01J 32/00, В01J 37/02, С07С 45/45 / Небесний Р.В., Івасів В.В., Жизневський В.М., Шибанов С.В.; заявник і патентовласник Національний університет "Львівська політехніка". – u200913685; заявл. 28.12.2009; опубл. 26.07.2010, Бюл. №14 – 4 с.

УДК 665.9

ЭКСТРАГИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ "ТВЕРДОЕ ТЕЛО – ЖИДКОСТЬ"

В.Л. Остроушко

Председатель правления – директор технический
 ПАО «Пологовский маслоэкстракционный завод»
 ул. Ломоносова, 36, г. Пологи,
 Запорожская область, Украина, 70600

В.Ю. Папченко

Кандидат технических наук, научный сотрудник
 Лаборатория инструментальных исследований
 Украинский научно-исследовательский
 институт масел и жиров
 Национальная академия аграрных наук
 пр. Дзюбы, 2А, г. Харьков, Украина, 61019
 Контактный тел.: (057) 376-00-90
 E-mail: vikucya@gmail.com

Розглянуто вилучення цільового компонента з твердих матеріалів; параметри, які впливають на швидкість екстрагування. Звернуто увагу на складність процесів екстрагування

Ключові слова: олія, тверде тіло-рідина, екстрагування

Рассмотрено извлечение целевого компонента из твердых материалов; параметры, влияющие на скорость экстрагирования. Обращено внимание на сложность процессов экстрагирования

Ключевые слова: масло, твердое тело-жидкость, экстрагирование

The extraction of the target component of the solid materials, the parameters affecting the rate of extraction was considered. Attention to the complexity of the extraction process was drawn

Keywords: oil, solid-liquid, extraction

На современном этапе развития производства растительных масел экстракционный способ является самым распространённым, обеспечивающим наиболее полное извлечение масла из масличного сырья. Основное преимущество экстракционного способа получения растительных масел по сравнению с прессовым заключается в значительном увеличении выходов масла, особенно при переработке низкомасличных семян [1].

Как известно, экстракционные процессы являются основными, определяющими технико-экономические показатели производства. Необходимость интенсификации и повышения качества продукции твердофазного экстрагирования требует увеличения информации об условиях равновесия, гидродинамике и кинетике процессов извлечения [2].

Сложность процессов экстрагирования заключается в том, что скорость извлечения целевых компонентов зависит от большого числа параметров, трудно поддающихся обобщению и анализу. Действительно, извлекаемый компонент может находиться в твердом пористом материале в твердом или жидком состоянии; твердый пористый материал может быть инертным носителем целевого компонента либо взаимодействовать с ним, удерживать за счет адсорбционных или других сил; растворитель может иметь различную избирательность по отношению к компонентам, содержащимся в твердой фазе, и, наконец, структура твердого пористого материала (или упругой клеточной растительной ткани) может оказывать различное сопротивление процессу извлечения. Кроме того, на механизм процесса экстрагирования оказывают влияние условия равновесия и кинетика [2].

Условия равновесия характеризуются достижением равенства концентрации извлекаемого компонента в растворе и концентрации насыщения и зависят от физико-химических свойств растворителя и целевого компонента, а также от температуры и давления. Собственно экстрагирование, является гетерогенным массообменным процессом, при этом осуществляется извлечение одного или нескольких (называемых целевыми) компонентов из твердой или пористой фазы на основе их избирательной растворимости в жидком (или парообразном) экстрагенте [2].

Экстракционные процессы часто называют диффузионными, так как движущей силой переноса целевых компонентов из исходной смеси в экстрагент является разность концентраций.

Механизм экстрагирования зависит от состояния частиц твердой фазы, а также от температуры, концентрации, времени и от природы растворителя (экстрагента).

При экстрагировании растительных масел используют индивидуальные технически чистые растворители (алифатические углеводороды, их хлорпроизводные, ароматические углеводороды и алифатические кетоны) или смеси технически чистых органических растворителей друг с другом и с водой.

Механизм извлечения целевого компонента из твердых материалов определяется следующими стадиями: 1) движение растворителя (экстрагента) к целевому извлекаемому компоненту, находящемуся в твердом материале; 2) взаимодействие растворителя с извлекаемым компонентом; 3) перенос массы извлеченного компонента к границе раздела жидкой и твер-

дой фаз; 4) перенос массы извлеченного компонента через пограничный слой; 5) перенос массы целевого компонента от пограничного слоя в ядро потока растворителя [2].

Для всех процессов экстрагирования размер частиц является очень важным параметром, влияющим на скорость процесса. В свою очередь, оптимальная дисперсность зависит от внутренней структуры материала, его набухаемости, смачиваемости и других физических свойств. По-видимому, для каждого процесса экстрагирования опытным путем может быть подобран наиболее выгодный размер частиц, обеспечивающий максимальную полноту извлечения. Выбранный размер следует оценивать (с точки зрения его оптимальности) в совокупности с другими факторами, позволяющими интенсифицировать процесс извлечения [2].

Так для интенсификации процессов растворения и экстрагирования используют повышение температуры растворителей в соответствии с правилом фаз Гиббса, которое позволяет определить число степеней свободы, или независимых параметров, необходимое для однозначного определения условий равновесия системы [2].

При экстрагировании система чаще всего состоит из двух компонентов (извлекаемого, или целевого, компонента и твердого теланосителя) и одного растворителя. Таким образом, в этой системе число степеней свободы равно 3 и можно произвольно менять (не нарушая равновесия) три параметра (например, температуру, давление и одну концентрацию) [2].

В практических условиях менее сложным кажется первый путь – изменение температуры, но при этом следует учитывать, что температура влияет на растворимость и скорость процесса.

Скорость процесса возрастает с повышением температуры также вследствие увеличения коэффициента диффузии:

$$D = \frac{\delta^2}{6 \cdot \tau_0} \cdot e^{\frac{E_a}{kT}},$$

где δ – элементарное перемещение молекулы целевого компонента; τ_0 – период колебаний молекулы равновесного положения; E_a – энергия активации; k – постоянная Больцмана.

В результате анализа уравнений диффузии для частиц твердой фазы различной формы при $D = \text{const}$, т.е. в условиях изотермического процесса извлечения в [1] показано, что скорость экстрагирования прямо пропорциональна температуре: при понижении температуры падает, а при повышении – возрастает. Вблизи экстремальных точек (температуры замерзания и кипения) зависимость скорости экстрагирования от температуры отклоняется от прямой.

Скорость диффузионного извлечения существенно зависит от величины энергии активации E_a , которая является усредненной характеристикой процесса.

Ведение процесса вблизи точки кипения или при кипении экстрагирующей жидкости наиболее благоприятно для интенсификации экстрагирования. Так резкое увеличение скорости экстрагирования вблизи точки кипения растворителя показано в промышлен-

ных условиях (в частности, в экстракторах ДС-70 и НД-1000, применяемых в маслоэкстракционной промышленности) [1]. С приближением температуры к точке кипения экстрагирующей жидкости при интенсивном образовании мельчайших пузырьков паров растворителя не исключено резкое снижение вязкости среды и энергии активации, что значительно увеличит скорость экстракции (в смеси жидкости с паром молекулярный перенос облегчен) [3].

Следует отметить, что в этом случае внутри частиц возникает конвективная диффузия в результате образования и схлопывания кавитационных полостей в кипящем растворителе.

Широкое внедрение экстракционного способа производства растительных масел требует дальнейшего и непрерывного совершенствования основных процессов экстракции и ее аппаратного оформления [1]. В работах [1 – 10] развиты общие представления о

механизме процесса экстракции растительных масел и частично изучено влияние отдельных факторов на полноту и скорость извлечения масла, тем не менее эти знания не охватывают всех проблем экстракции.

Исследований кинетики экстрагирования растительных масел и зависимости ее скорости от температуры очень мало [3, 5 – 7, 9]. Вместе с тем этот вопрос имеет прямое отношение к механизму процесса и важен для практики, так как температура – один из факторов, легко регулируемых в ходе экстракции.

Таким образом, экстрагирование в системе “твердое тело-жидкость” представляет собой сложный массообменный процесс, знание механизма которого позволит обеспечить оптимальные технологические условия его проведения, а накопленная научная база знаний позволит вывести на новый уровень разработку экономически приемлемой технологии экстракции подсолнечника, актуальной для нашей страны.

Литература

1. Гавриленко, И.В. Маслоэкстракционное производство / И.В. Гавриленко. – М.: Пищепромиздат, 1960. – 247 с.
2. Романков, П.Г. Экстрагирование из твердых материалов / П.Г. Романков, М.И. Курочкина – Л.: Химия, 1983. – С. 256.
3. Белобородов, В.В. Температурный фактор в кинетике процесса экстракции растительных масел / В.В. Белобородов, А.Г. Нецадим // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1962. – № 4. – С. 133 – 139.
4. Белобородов, В.В. Основные процессы производства растительных масел / В.В. Белобородов. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 479 с.
5. Гавриленко, И.В. Маслоэкстракционный завод / И.В. Гавриленко – М.-Л.: Снабтехиздат, 1932. – С. 62.
6. Нецадим, А.Г. Влияние температурных условий на эффект экстракции подсолнечных форпрессовых жмыхов в экстракторе ДС-70 / А.Г. Нецадим, В.Н. Курдюмов // Маслوبيножировая промышленность. – 1961. – № 6. – С. 35 – 38.
7. Сердюк, В.И. Опытная работа на экстракторе НД-1000 в условиях температурной интенсификации / В.И. Сердюк // Маслوبيножировая промышленность. – 1961. – № 7. – С. 38 – 40.
8. Сердюк, В.И. / Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1961. – № 1. – С. 5 – 7.
9. Нецадим, А.Г. К влиянию температуры на экстракцию маслосодержащих материалов / А.Г. Нецадим // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1963. – № 4. – С. 53 – 57.
10. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров / [под ред. А.Г. Сергеева]. - Л.: НПО Масложирпром, 1974. – Т.1. - 592 с.