

УДК 661.74

EDN [NLLHEE](#)



Сравнение кислотного и водного методов рафинирования сырого крамбового масла

Д.А. Фаттахов¹, Э.В. Гарифуллина¹, В.В. Меньшиков^{2*}

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Россия

²ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет» пр. Ленина, 69, г. Челябинск, 454080, Россия;

*E-mail: 91233250551@mail.ru, menshikoff@mail.ru

Аннотация. В данной статье сравнивается эффективность очистки крамбового масла, полученного из семян *Crambe abyssinica*, кислотным (ортофосфорная кислота) и водным способами с конечной целью удаления жирорастворимых примесей, которые являются причиной низкого выхода реакции переэтерификации для получения биодизельного топлива из крамбового масла. В ходе эксперимента было определено, что очистка водой является наиболее выгодным способом переработки сырого крамбового масла как с точки зрения материалов, так и с точки зрения технологического процесса.

Ключевые слова: биодизель, крамбовое масло, рафинирование, кислота, вода.

Comparison of acid and aqueous methods of re-finishing crude crambe oil

D.A. Fattakhov¹, E.V. Garifullina¹, V.V. Menshikov^{2, *}

¹Kazan National Research Technological University, 68, Karl Marx Street, Kazan, 420015, Russia

²South Ural State Humanitarian Pedagogical University, 69, Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia

*E-mail: 91233250551@mail.ru, menshikoff@mail.ru

Abstract. This article compares the efficiency of refining of crambe oil obtained from the seeds of *Crambe abyssinica* by acidic (orthophosphoric acid) and aqueous methods with the ultimate goal of removing fat-soluble impurities, which are the cause of the low yield of the transesterification reaction to obtain biodiesel from crambe oil. During the experiment, it was determined that water refining is the most profitable way of processing raw crab oil both in terms of materials and in terms of the process.

Keywords: biodiesel, *Crambe abyssinica*, refining, acid, water.

1. Введение

Влияние глобального изменения климата, несомненно, является одной из самых обсуждаемых тем сегодня. Технологические и промышленные проблемы, связанные с мерами по минимизации роста концентрации парниковых газов в атмосфере, до сих пор являются предметом интенсивных дискуссий [1,2]. На этом фоне развитие новых возобновляемых источников энергии имеет решающее значение. Одним из примеров возобновляемого источника энергии является биодизель, который производится из биомассы. В качестве источника энергии биомасса предлагает множество преимуществ, включая сокращение выбросов парниковых газов, образующихся при сжигании ископаемого топлива.

Среди масличных культур, которые изучались для производства биодизеля, *Crambe abyssinica* является многообещающей альтернативой, которая еще не была коммерциализирована. Семена *Crambe abyssinica* содержат около 35 % от общего веса масла. Крамбовое масло богато длинноцепочечными жирными кислотами, в основном эруковой кислотой (C22:1), на долю которой приходится около 60 % от общего состава [3]. Некоторые работы по производству и характеристике биодизеля из крамбового масла показали, что он имеет более высокую теплотворную способность, чем соя, рапс и другие традиционные источники, благодаря своему составу, основанному на более длинноцепочечных углеводородах [4]. Использование биодизеля из крамбового масла снижает выбросы CO, NO, NO₂ и т.д. примерно на 43%, 39% и 9%, соответственно, по сравнению с ископаемым дизельным топливом [5]. Еще одним интересным свойством биодизеля из крамбового масла является его высокая окислительная стабильность, что делает его очень привлекательным для использования в качестве топлива. Однако примеси в масле, такие как фосфатиды и другие жирорастворимые вещества, которые действуют как ингибиторы реакции переэтерификации, должны быть удалены в более строгих условиях, чтобы соответствовать требованиям качества. Поэтому, несмотря на многочисленные преимущества крамбового масла, вопрос удаления примесей и последующего производства биодизеля в условиях окружающей среды все еще требует решения. В данной статье представлен альтернативный способ решения этих проблем путем использования процесса рафинации сырого масла для удаления фосфатидов и других примесей перед реакцией переэтерификации.

2. Методы

Рафинирование сырого крамбового масла проводилось для удаления жирорастворимых примесей, которые, вероятно, являются причиной низкого выхода переэтерификации [6]. Для этого процесса были исследованы два метода: кислотное рафинирование и водное рафинирование. Для кислотной рафинации масло нагревали до 700°C, добавляли 5 мас. % фосфорной кислоты и выдерживали систему при постоянном перемешивании в течение 30 минут. Для рафинирования водой повторяли предыдущую процедуру, но вместо кислоты использовали дистиллированную воду [7]. По истечении времени реакции кислотного рафинирования реакционную смесь переносили в делительную воронку для отделения осадка смолы. Через 24 часа осадок сливали, нейтрализовали и утилизировали соответствующим образом. Полученное масло центрифугировали для удаления взвешенного осадка смолы. Затем масло нейтрализовали разбавленным раствором NaOH, промыли дистиллированной водой и высушили на роторном испарителе в вакууме при 90 °C. В результате было получено кислотное рафинированное масло. В методе рафинирования водой реакционную смесь охлаждали до ~30°C и центрифугировали по истечении времени реакции для получения рафинированного водой масла. Рафинированное водой масло было высушено на роторном испарителе.

3. Переработка

Результаты по всем группам обобщены в таблице 1. Показатель преломления чистого биодизеля, полученного из таких сортов кофе, как Арабика и Робуста, отличается. Переработка водой является наиболее экономически эффективной обработкой крамбового масла по нескольким причинам. Во-первых, требуется меньше этапов и меньше времени; во-вторых, в качестве химического реагента используется вода, которая является обильной, дешевой, нетоксичной и экологически чистой; в-третьих, потери материала меньше - около 1% (вес/вес) сырого масла. При кислотной переработке потери составляют до 40 % по массе, так как эта обработка требует нескольких стадий с последовательным переносом материала и образованием мыл и эмульсий на стадиях нейтрализации и промывки. Содержание муцила в масле можно оценить косвенно по изменению удельного веса масла после процесса рафинации, но это

может быть ненадежным. Таблица 1 показывает, что удельный вес масла после рафинации уменьшился, так как при этой обработке из крамбового масла удаляются высокомолекулярные смолистые компоненты, уменьшая объем масла, но оставляя его практически неизменным. Снижение удельного веса было гораздо более выраженным в кислотно-рафинированном масле крамбе, поскольку кислотная рафинация позволяет более эффективно удалять примеси. Кислотное рафинирование может удалить до 90% смол и других примесей, таких как пигменты, белки и т.д. Водное рафинирование удаляет из сырой нефтяной смолы только гидратированные фосфатиды с эффективностью около 70-80 % [7]. Таблица 1 также показывает, что рафинированное крамбовое масло повышает устойчивость к окислению примерно на 50 %. Несмотря на растворимость в жирах, компоненты смол обладают определенной гидрофобностью, поэтому сырое масло всегда будет содержать некоторое количество влаги, независимо от того, высушено ли оно. Даже во время хранения масло может впитывать влагу из окружающей среды.

Таблица 1. Сырое и рафинированное крамбовое масло: удельный вес, окислительная стабильность и процент извлечения очищенного масла.

Масло	Масса масла, г	% извлечения очищенного масла	Удельный вес при 25 ⁰ С (кг/м ³)	Индукционный период (ч)
Сырое	-	-	950	11,6
Рафинированное водным методом	100	99	920	>17
Рафинированное кислотным методом	100	63	880	>17

3. Выводы

Можно сделать вывод, что простая предварительная обработка крамбового масла путем рафинирования водой является наиболее подходящей предварительной обработкой, так как ее легче проводить и она уменьшает потери сырья в течение всего процесса. Кроме того, он не требует дорогостоящих материалов или опасных химикатов, что позволяет избежать образования опасных отходов и этапов последующей обработки, а также коррозии оборудования. Еще одним преимуществом предварительной обработки является повышение окислительной стабильности масла за счет удаления примесей -

последнее часто связано с низкой стабильностью биодизеля. Кроме того, высокая стабильность к окислению позволяет использовать масло напрямую без добавления антиоксидантов, что означает, что его можно смешивать с биодизелем с более низкой стабильностью к окислению.

Исследование научной литературы на данную тему и ее анализ показал, что на данный момент, полная замена ископаемого топлива на «зеленую» энергию не только невозможна. Углеводороды – нефть, природный газ и уголь – сегодня являются основными мировыми энергетическими ресурсами и останутся таковыми и в ближайшем будущем благодаря их значительной энергетической и экономической эффективности. Кроме того, новые инновационные технологии, применяемые в сфере ископаемого топлива, из года в год делают добычу, переработку, транспортировку и использование данного вида топлива еще более безопасным и чистым для окружающей среды. Поэтому, в то время пока «зеленая» энергетика продолжит развиваться, она все так же будет представлять лишь небольшой источник мировой энергии, когда ископаемое топливо сохранит свои лидирующие позиции в мировой энергетике и будет и в дальнейшем обеспечивать человечество значительной долей энергетических ресурсов.

Список литературы

1. Teixeira, M.C. Биодизель: альтернатива и зеленая энергия [Текст] / M.C. Teixeira, D.S.G. Taouil // Vertices. – 2010. – № 12. – С. 17-40.
2. Мусина, Ф.А. Экологически чистые химические технологии для устойчивого развития химической промышленности [Текст] / Ф.А. Мусина, В.В. Бронская, Т.В. Ингнашина, А.А. Нургалиева // Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22. – № 8. – С. 79-83.
3. Rev. Bras. Energias Renovaveis L.E. Oliveira, M.C.L.P. Silva. Сравнительное исследование теплотворной способности биодизельного топлива из рапса, сои, jatropha curcas и крамбе // Int. Conf. Renew. Energy Power Qual. – 2013. – №1. – С. 20-21.
4. Rosa, H.A. Биодизель, произведенный из крамбового масла в Бразилии - исследование производительности и выбросов в генераторе двигателя цикла die-sel [Текст] / H.A. Rosa, W.T. Wazilewski, D. Secco, L.I. Chaves, G. Veloso, S.N.M. Souza,

- M.J. Silva, R.F. Santos // *Renew. Sustain. Energy Rev.* – 2014. – № 38. – С. 651-655.
5. Silveira, E. Chromatographic characterization of crambe oil (*Crambe abyssinica* Hochst) and modeling of some parameters for its conversion to biodiesel [Text] / L.S. Vilela, C.F.S. Castro, F.F. Gambarra Neto, P.S.M. Oliveira // *Ind. Crop. Prod.* – 2017. – № 97. – P. 545-551.
 6. List, G.R. Steam refined soybean oil: II. Effect of refining methods on the re-removal of pro-oxidants and phospholipids / G.R. List, T.L. Mounts, A.J. Heakin // *J. Am. Oil Chem. Soc.* – 1978. – № 55. – P. 280-284.
 7. Araújo, F.D.S. Study of the degumming process and evaluation of oxidative stability methyl and ethyl biodiesel from *Jatropha curcas* L. from three different states Brazil [Text] / F.D.S. Araújo, I.C. Araújo, I.C.G. Costa, C.V.R. Moura, M.H. Chaves, E.C.E. Araújo // *Renew. Energy.* – 2014. – № 71. – P. 495-501.