

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА «ПОЛУЧЕНИЕ БИОТОПЛИВА ПУТЕМ ДЕКАРБОКСИЛИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ КИСЛОТЫ»

О.В. Зиннурова, доцент

Д.А. Фаттахов, бакалавр

**Казанский национальный исследовательский технологический университет
(Россия, г. Казань)**

DOI:10.24412/2500-1000-2023-4-2-187-190

Аннотация. *Огромный спрос на ресурсы и энергию, а также нехватка мировых ресурсов приводит к росту цен на нефть, природный газ и уголь, что заставляет нас искать альтернативные источники ресурсов и энергии. Использование биотоплива является одним из наиболее эффективных направлений использования альтернативных источников использования тепловой энергии. Данная работа посвящена проведению лабораторного практикума для студентов по получению биотоплива из процесса декарбоксилирования из растительных масел, животных жиров, или, полученных из них, жирных кислот. Также данный практикум включает в себя анализ результатов кислотно-основного титрования, определения кислотного и йодного чисел олеиновой кислоты до и после декарбоксилирования.*

Ключевые слова: *биотопливо, лабораторный практикум, декарбоксилирование, анализ.*

Относительно недавнее развитие мировой экономики привело к огромным потребностям в ресурсах и энергии. Перед человечеством всегда остро стоял вопрос поиска дешевых источников энергии, не влекущих за собой чрезмерных затрат. Проблема использования источников энергии стала особенно актуальной в 20 веке, когда стало ясно, что безрассудное сжигание углеводородов приведет к дальнейшему сокращению их запасов на Земле. Ученые пришли к выводу, что запасы нефти и газа рано или поздно закончатся, а стоимость разведки новых месторождений резко возрастет, так как потребуется больше технологий и оборудования. Поиск альтернативных источников тепла для замены природного газа и нефти также становится все более актуальным. И использование биоисточников энергии (биотоплива), наряду с солнечной и ветровой энергией, стало таким эффективным способом продвижения вперед.

Одним из наиболее перспективных видов биотоплива для дизельных двигателей является биотопливо, получаемое из возобновляемого сырья - растительных масел. Следует также рассмотреть возможность получения биотоплива из отходов пище-

вой промышленности, что позволит снизить экономические затраты на производство.

Биодизель представляет собой смесь углеводородов с различной структурой, которая не имеет фиксированной температуры кипения, а испаряется в широком диапазоне температур.

Помимо возобновляемости сырья, биотопливо обладает рядом других существенных преимуществ, таких как отсутствие соединений серы и тяжелых металлов, часто встречающихся в минеральном топливе.

Процесс декарбоксилирования является важным этапом в извлечении углеводородов из растительных масел и жиров, пригодных для использования в качестве биодизеля [1-3].

Целью данной работы является проведение лабораторного практикума по изучению процесса декарбоксилирования, который является важным этапом в получении жидких углеводородов из растительных масел, животных жиров или их жирных кислот, пригодных для использования в качестве биодизеля. Также были определены следующие цели семинара:

1. изучить технику декарбоксилирования олеиновой кислоты.

2. провести декарбоксилирование олеиновой кислоты.

3. определить полезность этого метода для производства биотоплива в промышленных масштабах.

Данный практикум посвящен процессу декарбоксилирования, который, как ожидается, станет важным этапом в производстве жидких углеводородов из растительных и животных жиров или производных жирных кислот, которые могут быть использованы в производстве дизельного топлива. Этот вид топлива называется биодизелем второго поколения.

Основным процессом производства биотоплива является декарбоксилирование олеиновой кислоты с помощью катализатора гидроксида алюминия $Al(OH)_3$ [4, 5].

После проведения реакции декарбоксилирования было проведено сравнение значений кислотно-основного титрования, кислотного числа и йодного числа олеиновой кислоты до и после декарбоксилирования.

Кислотно-основное титрование (КОТ).

Для проведения данного анализа использовали 1 мл испытуемой кислоты, 10 мл H_2O (дистил.), и 1-2 капли фенолфталеина. Полученный раствор был протитрован 0,1 N р-ром NaOH.

Для проведения КОТ были взяты образцы масел с различным содержанием свободных жирных кислот. После добавления насыщенного р-ра NaCl и р-ра фенолфталеина, перемешивают смесь и титруют 0,1 M р-ром KOH. Фиксируется количество использованного в ходе титрования р-ра KOH. параллельно проводят контрольное КОТ с 50 мл насыщенного р-ра NaCl р-ром KOH, с добавлением растительного масла

в виде суспензии. Полученный в ходе контрольного КОТ объем р-ра KOH вычитается из результата титрования исследуемого образца масла, и итоговое значение индикатора используется для расчета КЧ.

Затем кислотное число жира рассчитывается по следующей формуле:

$$KЧ = \frac{5,611 \cdot V \cdot K}{H}$$

где КЧ – кислотное число в мг. KOH на 1 г. жира;

V – объем 0,1 M раствора KOH, затраченный на титрование свободных

жирных кислот в пробе растительного масла за вычетом результата

титрования контроля, мл;

K – поправка к титру р-ра KOH (K = 1);

H – навеска растительного масла, г;

5,611 – масса KOH в мг., содержащаяся в 1 мл. 0,1 M р-ра KOH.

Качество растительного масла оценивается по КЧ. Используя коэффициент пересчета олеиновой кислоты (0,503), по следующей формуле определяем содержание свободных жирных кислот в анализируемом растительном масле:

$$W = \frac{KЧ \cdot 282,3 \cdot 100}{5,611 \cdot 1000} = KЧ \cdot 0,503$$

где W - содержание свободных жирных кислот, %;

KЧ – кислотное число;

282,3 – молярная масса олеиновой кислоты, г/моль;

56,11 - молярная масса KOH, г/моль;

1000 - пересчет кислотного числа из мг в г;

100 - коэффициент пересчета в проценты.

Таблица 1. Результаты КОТ.

Исследуемая кислота	Объем израсходованного NaOH, мл
Олеиновая кислота	1,4
Олеиновая кислота после декарбоксилирования	0,3

Анализ показал, что объем титранта уменьшился после декарбоксилирования.

Определение КЧ.

В процессе гидролиза и окисления жиров идет накопление свободных жирных кислот. Кислотное число прямопропорци-

онально количеству свободных жирных кислот в жирах [6, 7].

Кислотное число жира – это количество мг. КОН, необходимое для нейтрализации свободных жирных кислот в 1 г. жира.

Для проведения данного анализа исследуемые жиры растворяют в спиртоэфирной смеси, а затем проводят титрование 0,1 N р-ром КОН в присутствии фенолфталеина в качестве индикатора.

Таблица 2. Результаты определения кислотного числа

Исследуемая кислота	Объем израсходованного КОН, мл
Олеиновая кислота	0,5
Олеиновая кислота после декарбоксилирования	0,3

Увеличение значения кислотного числа прямопропорционально содержанию свободных жирными кислот. Результаты, приведенные в таблице 2, указывают на снижение содержания свободных кислот после проведения опыта.

Определение йодного числа.

Йодное число (коэффициент непереносимости) характеризует количество непредельных жирных кислот в исследуемом образце жира, и выражается количеством I_2 в г., требуемого для полного насыщения жирных кислот, содержащихся в 100 г жира ($I_2/100$ г жира). Йодное число прямопропорционально содержанию ненасыщенных жирных кислот.

После взвешивания масла (0,2-0,3 г.) с измельченным образцом добавляют 30 см³ спирта для растворения суспензии. Затем пипеткой Мора отмеряют 25 см³ 0,2-N. I_2 (спирт. р-р), перемешивают, добавляют 200 см³ H₂O (дистил.) и взбалтывают с пробкой. Также выполняется контрольный

эксперимент без масла. Контрольный и испытуемый образцы оставляют на 15 минут, затем титруют 0,1 N. р-ром гипосульфита до слабожелтого цвета. После этого добавляют 1 см³ раствора крахмала и продолжают титрование до дальнейшего обесцвечивания. Данное обесцвечивание обычно происходит от последней капли раствора гипосульфита. Затем рассчитывается йодное число по следующей формуле

$$X = \frac{(a - b) \cdot 0,01269 \cdot 100}{c},$$

где (a - b) – разность результатов титрования контрольного и опытного образцов, мл 0,1 N р-ра гипосульфита; 0,01269 – коэффициент пересчета израсходованного раствора гипосульфита в г. I_2 , т.е. 1 мл ОД N- р-ра гипосульфита эквивалентен 0,01269 г. I_2 ; c – масса навески масла, г.

Таблица 3. Результаты определения йодного числа.

Исследуемая кислота	Объем израсходованного I_2 , мл
Олеиновая к-та	1,5
Олеиновая к-та после декарбоксилирования	0,8

По таблице 3 можно определить, что после декарбоксилирования значение йодного числа увеличилось.

Заключение.

Лабораторный практикум по производству биотоплива путем декарбоксилирования олеиновой кислоты и аналитические процедуры убедили студентов в том, что биотопливо можно производить этим методом. В лабораторном практикуме олеи-

новая кислота использовалась в качестве модельного эксперимента; в промышленных масштабах можно использовать жировые отходы пищевого производства (отработанное растительное масло, отходы мясопереработки, молочных ферм и т.д.), что позволяет снизить затраты на топливо, решить проблему утилизации отходов и уменьшить экологический ущерб от использования биодизеля на производстве.

Библиографический список

1. Смелова А.Н., Романова А.В., Шакиров Р.Ш., Сучков Ю.П., Швец В.Ф. Процесс получения биотоплива декарбоксилированием олеиновой кислоты // Успехи в химии и химической технологии. – 2010. – №6 (111).
2. Определение кислотного числа растительных жиров. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lektsii.org/15-70328.html>.
3. Кузнецова Г.В. Производство биотоплива в развивающихся странах: проблемы и перспективы // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2012. – №45.
4. Кольниченко Г.И. Жидкое биотопливо: проблемы и перспективы создания и использования / Г.И. Кольниченко, А.В. Сиротов, Я.В. Тарлаков // Лесной вестник. – 2010. – № 1. – С. 105-107.
5. Терещук Л.В. Технологические аспекты производства олеиновой кислоты из рапсового масла / Л.В. Терещук, Л.В. Старовойтова, Т.В. Лобова, К.С. Чуглина // Техника и технологии пищевых производств. – 2013. – № 2. – С. 1-6.
6. Арутюнян, Н.С. Технология переработки жиров / Н.С. Арутюнян, Е.П. Корнева и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищепромиздат, 1998. – 452 с.
7. ГОСТ Р 52110-2003. Масла растительные. Методы определения кислотного числа. – Введ. 2004-06-01. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2003. – 8 с.
8. ГОСТ 30418-96. Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава. – Введ. 1998-01-01. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 1996. – 7 с.
9. ГОСТ 7580-91. Кислота олеиновая техническая. Технические условия. – Введ. 1991-06-25. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 1991. – 7 с.

ORGANIZATION OF THE LABORATORY WORKSHOP «PRODUCTION OF BIOFUELS BY DECARBOXYLATION OF ORGANIC ACID»

O.V. Zinnurova, Associate Professor

D.A. Fattakhov, Student

Kazan National Research Technological University
(Russia, Kazan)

***Abstract.** The huge demand for resources and energy, and the scarcity of global resources is driving up the price of oil, natural gas and coal, forcing us to look for alternative sources of resources and energy. The use of biofuels is one of the most efficient applications of alternative sources of thermal energy. This report is designed as a laboratory practical exercise for students in obtaining biofuels by decarboxylation from vegetable oils, animal fats, or derived fatty acids. The workshop also includes analysis of the results of acid-base titration, determination of acid and iodine numbers of oleic acid before and after decarboxylation.*

***Keywords:** biofuel, laboratory workshop, decarboxylation, analysis.*