

October 2020

EXTRACTION OF UNSATURATED FATTY ACIDS FROM VEGETABLE OILS

PECHERSKAYA Mariya

Materials Science Institute, SPA "Physics-Sun", mariya.pecherskaya@yahoo.com

MAMATKULOV Shavkat

Materials Science Institute, SPA "Physics-Sun", mi-shavkat@yandex.ru

RUZIMURADOV Olim

Turin Polytechnic University in Tashkent, ruzimuradov@rambler.ru

BUTANOV Khakimjan

Materials Science Institute, SPA "Physics-Sun", khakimjan@yahoo.com

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/cce>

 Part of the [Food Processing Commons](#)

Recommended Citation

Mariya, PECHERSKAYA; Shavkat, MAMATKULOV; Olim, RUZIMURADOV; and Khakimjan, BUTANOV (2020) "EXTRACTION OF UNSATURATED FATTY ACIDS FROM VEGETABLE OILS," *CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING*: Vol. 2020 : No. 3 , Article 12.

DOI: 10.51348/GCSQ5832

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/cce/vol2020/iss3/12>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

EXTRACTION OF UNSATURATED FATTY ACIDS FROM VEGETABLE OILS

Mariya PECHERSKAYA¹ (mariya.pecherskaya@yahoo.com), Shavkat MAMATKULOV¹ (mi-shavkat@yandex.ru), Olim RUZIMURADOV² (ruzimuradov@rambler.ru), Khakimjan BUTANOV¹ (khakimjan@yahoo.com), Odilkhuja PARPIEV¹ (o.parpiev@imssolar.uz)
¹Materials Science Institute, SPA "Physics-Sun", Tashkent, Uzbekistan
²Turin Polytechnic University in Tashkent, Uzbekistan

The article studies the possibility of extraction of monounsaturated oleic acid from highly stable vegetable oils produced at industrial scale. To solve the set tasks, have been selected samples of vegetable oils, present in the domestic market with a high content of unsaturated fatty acids: cottonseed and sunflower, imported rapeseed and olive oils. These oil samples were degraded by hydrolysis, recovered by acid treatment, and purified by repeated recrystallization in ethanol. The composition of saturated and unsaturated fatty acids included in triglycerides of vegetable oils was investigated using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). In the obtained samples, the fatty acid composition and physical and chemical parameters were determined. Oleic acid technical grade obtained from sunflower oil contains 97.35 % fatty acids.

The production of oleic acid technical grade will be primarily focused on the domestic market of Uzbekistan.

Keywords: oleic acid, hydrolysis, fatty acid, oleates, gas-liquid chromatography

ЭКСТРАКЦИЯ НЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Мария ПЕЧЕРСКАЯ¹ (mariya.pecherskaya@yahoo.com), Шавкат МАМАТКУЛОВ¹ (mi-shavkat@yandex.ru), Олим РУЗИМУРАДОВ² (ruzimuradov@rambler.ru), Хакиджан БУТАНОВ¹ (khakimjan@yahoo.com), Одилхужа ПАРПИЕВ¹ (o.parpiev@imssolar.uz)
¹Институт материаловедения, НПО Физика-Солнца, Ташкент, Узбекистан
²Туринский политехнический университет в г. Ташкенте, Узбекистан

В статье изучена возможность экстракции мононенасыщенной олеиновой кислоты из высокостабильных растительных масел, производимых в промышленном масштабе. Для решения поставленных задач нами подобраны образцы присутствующих на отечественном рынке растительных масел с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот: хлопковое и подсолнечное, импортное рапсовое и оливковое. Указанные образцы масел расщеплялись методом гидролиза и восстанавливались кислотной обработкой и очищались многократной перекристаллизацией в этаноле. Исследован состав, входящих в триглицериды растительных масел насыщенных и ненасыщенных жирных кислот при помощи газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС). В полученных образцах определены жирно-кислотный состав и физико-химические показатели. Техническая олеиновая кислота, полученная из подсолнечного масла, содержит 97,35 % жирных кислот.

Выпуск технической олеиновой кислоты будет в первую очередь ориентирован на внутренний рынок Узбекистана.

Ключевые слова: олеиновая кислота, гидролиз, жирная кислота, олеаты, газожидкостная хроматография

O'SIMLIK YOG'LARIDAN TO'YINMAGAN YOG' KISLOTALARINI OLISH

Mariya PECHERSKAYA¹ (mariya.pecherskaya@yahoo.com), Shavkat MAMATKULOV¹ (mi-shavkat@yandex.ru), Olim RUZIMURADOV² (ruzimuradov@rambler.ru), Khakimjan BUTANOV¹ (khakimjan@yahoo.com), Odilkhuja Raimhojaevich ARPIEV¹ (o.parpiev@imssolar.uz)
¹"Fizika – Quyosh" ICHB Materialshunoslik instituti, Toshkent, O'zbekiston
²Toshkent shahrida Turin politexnika universiteti, O'zbekiston

Maqolada sanoat miqyosida ishlab chiqariladigan yuqori darajada barqaror o'simlik yog'laridan mono to'yinmagan olein kislotalarini olish imkoniyati ko'rib chiqiladi. O'ylangan masalani yechish uchun ichki bozorda yuqori tarkibli to'yinmagan yog' kislotalar bo'lgan o'simlik yog'lari – paxta va kungaboqar yog'lari, xorijdan import qilingan raps va zaytun yog'lari tanlab olindi. Ushbu yog'namunalari gidroliz qilinib, kislota bilan qayta ishlanib, etanoldagi eritmasi takroriy kristallash orqali tozalandi. Gazli xromatografiya (GC-MS) yordamida o'simlik yog'larining triglitseridlariga kiritilgan to'yingan va to'yinmagan yog' kislotalarining tarkibi o'rganildi. Olingan namunalarida yog' kislotalarining tarkibi va fizik-kimyoviy parametrlari aniqlandi. Kungaboqar yog'idan olinadigan olein kislota tarkibida 97,35 % yog' kislotalari mavjud.

Texnik olein kislotalarini ishlab chiqarish asosan O'zbekistonning ichki bozoriga yo'naltiriladi.

Kalit so'zlar: olein kislotalari, gidroliz, yog' kislotalari, oleatlar, gaz-xromatografiya

DOI: 10.51348/GCSQ5832

Введение

С развитием химической и металлургической промышленности в Узбекистане, потребность в олеиновой кислоте растет с каждым годом. Олеиновая кислота применяется в медицине, косметологии, металлообработке и производстве резинотехнической продукции.

В частности, олеиновая кислота применяется в пищевой промышленности при производстве ароматизаторов, в целлюлозно-бумажной – в качестве пластификатора целлюлозы. Непредельные кислоты широко применяются в металлообработке, особенно в качестве смазочно-охлаждающей жидкости при металлорежущих операциях, а также в горной промышленности. При исчислении потребности в олеиновой кислоте, только на примере Алмалыкского горно-металлургического комбината, она составляет 456 т/год, в настоящее время импортируется, из Китайской Народной Республики.

Лакокрасочные заводы в Узбекистане

также потребляют олеиновую кислоту для производства ЛКМ.

Олеиновая кислота, предназначенная для производственных целей, является пастообразным веществом от желтого до темно-коричневого цвета. Химическая формула $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ (CH_2)₇CH=CH(CH₂)₇COOH, температура плавления 13–16 °С (рис. 1). Эта кислота нерастворима в воде и малорастворима в некоторых химических веществах (метаноле, ацетоне, этилацетате), но хорошо растворяется в диэтиловом эфире.

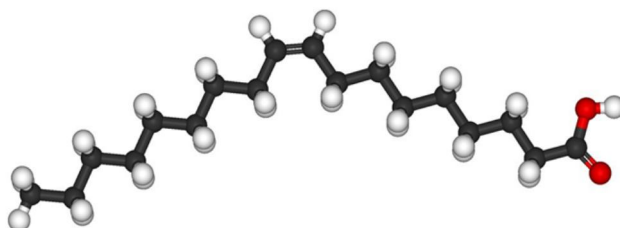


Рисунок 1. Структура олеиновой кислоты.

Олеиновая кислота является сильно выраженным поверхностно-активным веществом (ПАВ). Олеиновая кислота входит в состав растительных масел (в оливковом масле – до 81 %, рапсовом – до 65 %, арахисовом масле – до 65 %, подсолнечном высокоолеиновом – до 50 %, хлопковом до 40 % и соевом около 30 %) в виде сложных эфиров — глицеридов [1]. Олеиновая кислота содержится и в высыхающих маслах, но в меньшем количестве: в льняном – 13–29 %, конопляном – 6–17 %. В значительном количестве она содержится в животных жирах (в говяжьем жире – 41–42 %, свином – 37–44 %). Олеиновая кислота в чистом виде представляет собой бесцветную маслянистую жидкость, на воздухе под воздействием света постепенно темнеет. Олеиновые эфиры, в частности, входят в состав пластификаторов целлюлозы, ароматизирующих веществ. Этилолеат (результат конденсации кислоты и этанола) способен придавать поверхностям водоотталкивающие свойства и может использоваться как растворитель [1].

Состав жирных кислот, входящих в триглицериды растительных масел, представляет интерес с точки зрения обнаружения различий между маслами разного происхождения. Поэтому, необходимо проведение исследований различных сырьевых компонентов, как традиционно используемых при технологии производства олеиновой кислоты, так и для разработки потенциально эффективной и доступной базовой технологии, ориентированной на сырьевые ресурсы нашей республики. Производство разделенных и очищенных фракций жирных кислот многократно увеличит производство товаров на основе местных жирных кислот и приведет к значительной экономии валютных средств республики.

Олеиновую кислоту получают комбинированием процедур кристаллизации и дистилляции, уделяя особое внимание проблемам, связанным с удалением примесей. Растворимость этих высокоочищенных кислот исследовалась при использовании множества обычных органических растворителей в широком диапазоне температур и концентраций [1, 2]. Факторы, влияющие на растворимость, оценивали путем сравнения кривых в различных растворителях на основе молекулярного эквивалента. Было обнаружено, что основное поведение растворимости олеиновой кислоты мало отличается от растворимости стеариновой кислоты [1]. В промышленности известен [3] способ производства олеиновой кислоты, включающий гидролиз жиров и растительных масел, фракционирование образующейся смеси жирных кислот и многократной кристаллизацией из этанола или ацетона при низких температурах. Технический олеин состоит из примеси насыщенных и ненасыщенных жирных

кислот. Олеиновая кислота содержит 76,6 % углерода, 11,4 % кислорода и 12 % водорода.

В некоторых работах [3, 4] было заявлено о получении чистой олеиновой кислоты, однако это было практически невозможно из-за присутствия большого количества ненасыщенных кислот, таких как линолевая и др. Методы отделения примесей были далеки от идеальности, многие из них основывались на различиях в растворимости солей двухвалентных и других металлов. Кроме того, отсутствовали эффективные перегонные колонны, так что отделения затруднялись присутствием пальмитиновой C(16:0) и арахидиновой C(20:0) кислот, как насыщенных, так и ненасыщенных.

Для выделения кислот из жиров и разделения смесей кислот применяют разнообразные методы, например, кристаллизацию при низкой температуре [5-9]. Процесс перекристаллизации включает растворение твердого вещества в подходящем растворителе при повышенной температуре и последующее повторное образование кристаллов при охлаждении, так что любые примеси остаются в растворе. Также известен метод противоточной экстракции и хроматографии в различных формах, но главным образом хроматография на бумаге и газожидкостная хроматография. Последний метод является наиболее перспективным [10-14].

Целью настоящей работы является разработка технологии экстракции олеиновой кислоты из растительных масел (хлопкового, подсолнечного, соевого, рапсового) различной степени очистки и рекомендаций по подготовке сырья для производства технической олеиновой кислоты.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследований использовались:

– образцы жирных кислот, выделенные методом гидролиза с дальнейшей экстракцией олеина из них;

– образцы технической олеиновой кислоты марки Z-55, производства Китай.

В данной работе жирные кислоты получали из растительных масел гидролизом триглицеридов щелочной нейтрализацией. Метод включает несколько стадий (смешение, нагрев, сушка, кислотная обработка, расслаивание, разделение), часть из которых занимает продолжительное время – до 3-4 часов.

Образцы масел обрабатывали 40 % водным раствором гидроксида натрия (NaOH). Полученные мыла восстанавливали 50 % раствором серной кислоты (H₂SO₄).

На первой стадии подсолнечное масло и раствор NaOH смешиваются в пропорции 1:3. Смесь помещаем в магнитную мешалку и перемешиваем компоненты с нагревом (~110°) до

Таблица 1

Состав изучаемых образцов жирных кислот

Наименование жирных кислот	Хлопковое масло	Подсолнечное масло	Оливковое масло
	№1	№2	№3
Каприновая (C 10:0)	0,11	0,49	0,09
Лауриновая (C 12:0)	0,13	0,14	0,11
Миристиновая (C 14:0)	0,92	1,16	1,10
Пальмитиновая (C16:0)	30,39	8,46	11,15
Пальмитолеиновая (C16:1)	0,73	0,82	0,55
Маргариновая (C 17:1)	0,12	0,19	0,10
Стеариновая (C 18:0)	3,02	5,12	4,11
Олеиновая (C 18:1)	24,70	30,87	58,69
Линолевая (C 18:2)	39,09	51,73	23,20
Арахидиновая (C 20:0)	0,49	0,38	0,50
Эйкозеновая (C 20:1)	0,10	0,43	0,30
Бегеновая (C 22:0)	0,20	0,21	0,10
Σ -насыщенных ЖК	35,26	15,96	17,16
Σ -ненасыщенных ЖК	64,74	84,04	82,84

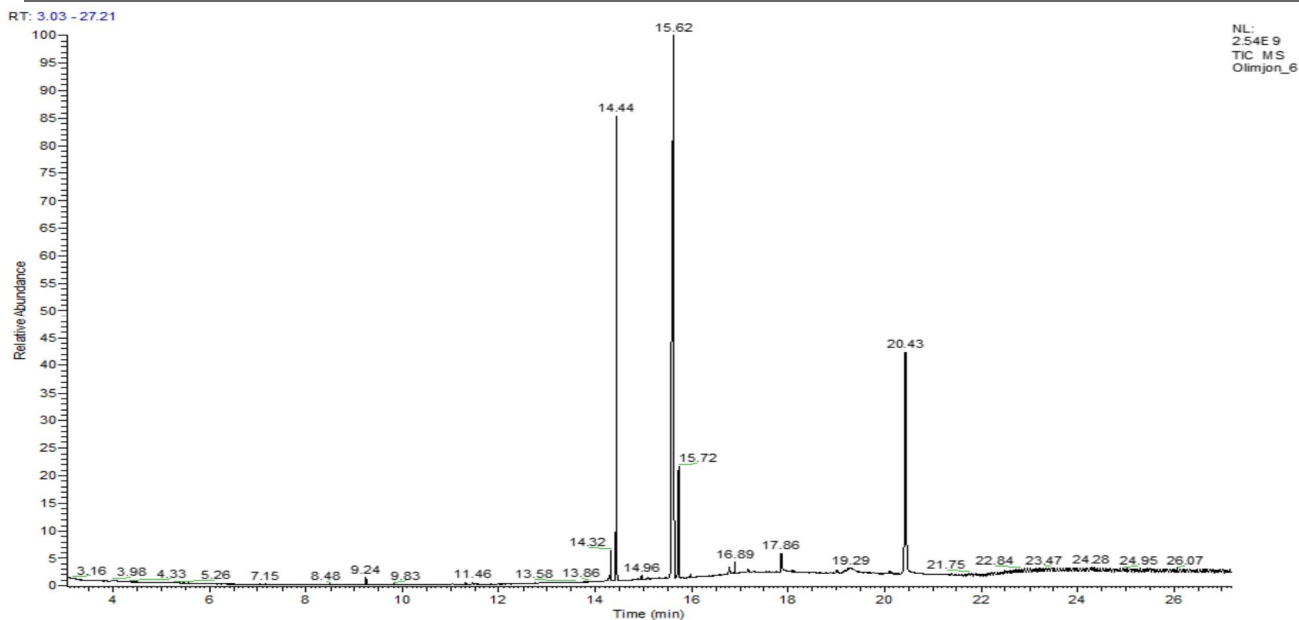


Рисунок 2. Хроматограмма метиловых эфиров жирных кислот оливкового масла.

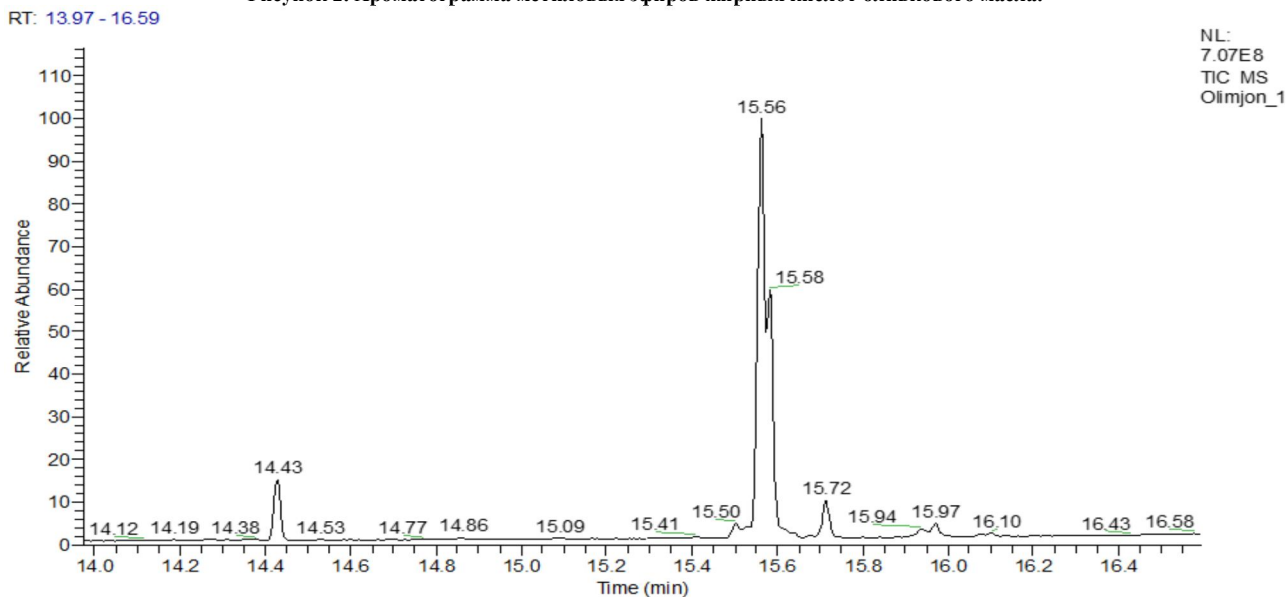


Рисунок 3. Хроматограмма метиловых эфиров жирных кислот подсолнечного масла.

Таблица 2
Состав образцов олеиновой кислоты, полученная из рапсового масла методом метилирования

Наименование жирных кислот	Время (мин)	Кол-во (%)
Пальмитиновая (C16:0)	14,42	16,10
Линолевая (C18:2)	15,56	11,84
Олеиновая (C18:1)	15,75	63,16
11-Эйкозеновая (C20:1)	16,77	1,78
12-Метилтетрадекановая (C14:0)	16,88	0,05

полного омыления. В полученное мыло добавляем серную кислоту (пропорции 1:4 раствора серной кислоты) используя мешалку. При этом контролируется мера активности ионов водорода в растворе (до pH=2). В результате реакции получается легко разделяемые слои: верхний слой – жидкий, ярко-желтого цвета; средний слой – жидкий, не имеет цвета; и нижний слой – твердый, белого цвета (Na₂SO₄). С помощью делительной воронки получаем конечный продукт – жидкость ярко-желтого цвета. Затем жидкость ярко-желтого цвета растворяется в этаноле, в пропорции 1:1 и путем многократной перекристаллизации в этаноле и его дистилляции получается конечный продукт.

При выполнении работы, в соответствии с поставленными задачами исследований, использованы общепринятые методы исследований, а жирнокислотный состав масел определяли методом газожидкостной хроматографии [15]. Все исследования выполнены в 3–4-кратной повторности и обрабатывались статистически. Условия ГХ-МС хроматографии установили следующим образом: капиллярная колонка (0,2 мкм×0,25 мм×30 мм), импрегнированная 5 % бифенилдиметилсилоксаном; газ-носитель гелий с постоянным потоком 1 мл/мин. Начальная температура термостата колонок 40 °С с задержкой в 1

мин. Затем термостат нагревали до 280 °С со скоростью 20 °С/мин с задержкой в 3 мин при 280 °С, с последующим уменьшением температуры до исходного состояния в течении 6 мин со скоростью 40 °С/мин. Температура инжектора и масс-спектрометрического детектора составляет 250 °С. Экстракт вводили в объеме 1 мкл в режиме с разделением (split) потока. Способ ионизации проводили электронным ударом при 20 эВ. Процесс хроматографии контролировали с помощью программы XCalibur в интервале пределов значений m/z 50-1500, где m — масса частицы, а z — ее заряд.

Жирные кислоты (ЖК), извлеченные из пяти экстракций, были этерифицированы, а затем идентифицированы на основании времени удерживания ГХ на колонке HP-5MS с применением библиотеки эталонных масс-спектров с данными программного обеспечения компьютера природных соединений «NIST» (National Institute of Standardization & Technology (NIST) data for GC–MS systems). Почти во всех образцах обнаружались пальмитиновая кислота с временем удерживания (ВУ) 14,44 мин, линолевая кислота – 15,58 мин, олеиновая кислота – 15,66 мин, стеариновая кислота – 15,74 мин. Количества указанных жирных кислот варьировались по-разному в образцах (рис. 2, 3).

Результаты и обсуждение

Первым этапом было определение жирнокислотного состава образцов (табл. 1).

Из таблицы 1 и рисунка 2 видно изменение соотношений, насыщенных и ненасыщенных ЖК образцов хлопкового, подсолнечного и оливкового масел. Из таблицы 1 видно, что в образце из хлопкового масла доля ненасыщенных ЖК в 1,8 раза больше, чем насыщенных

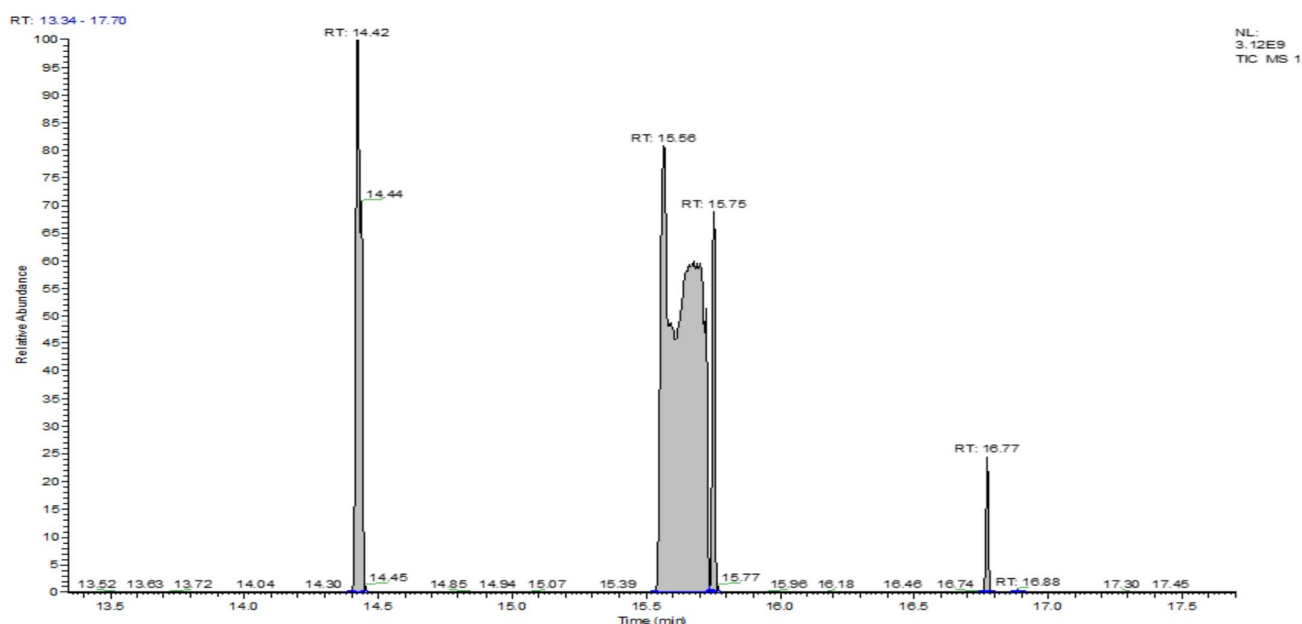


Рисунок 4. Хроматограмма метиловых эфиров олеиновой кислоты, полученная из рапсового масла методом метилирования.

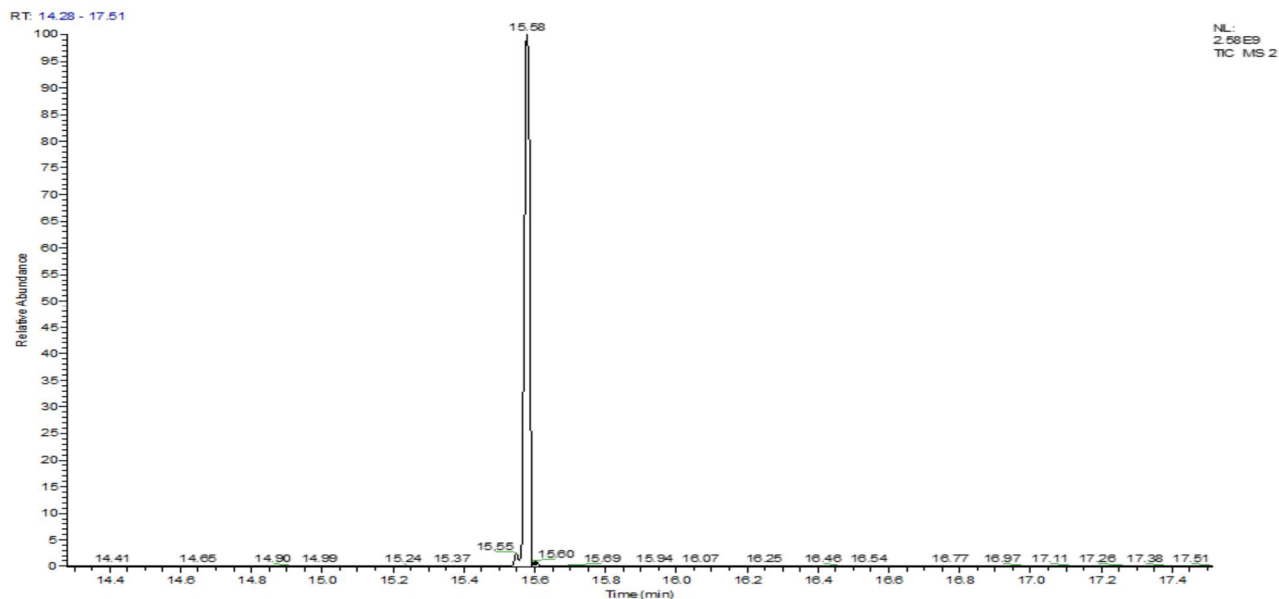


Рисунок 5. Хроматограмма метиловых эфиров олеиновой кислоты, полученная из рапсового масла методом гидролиза.

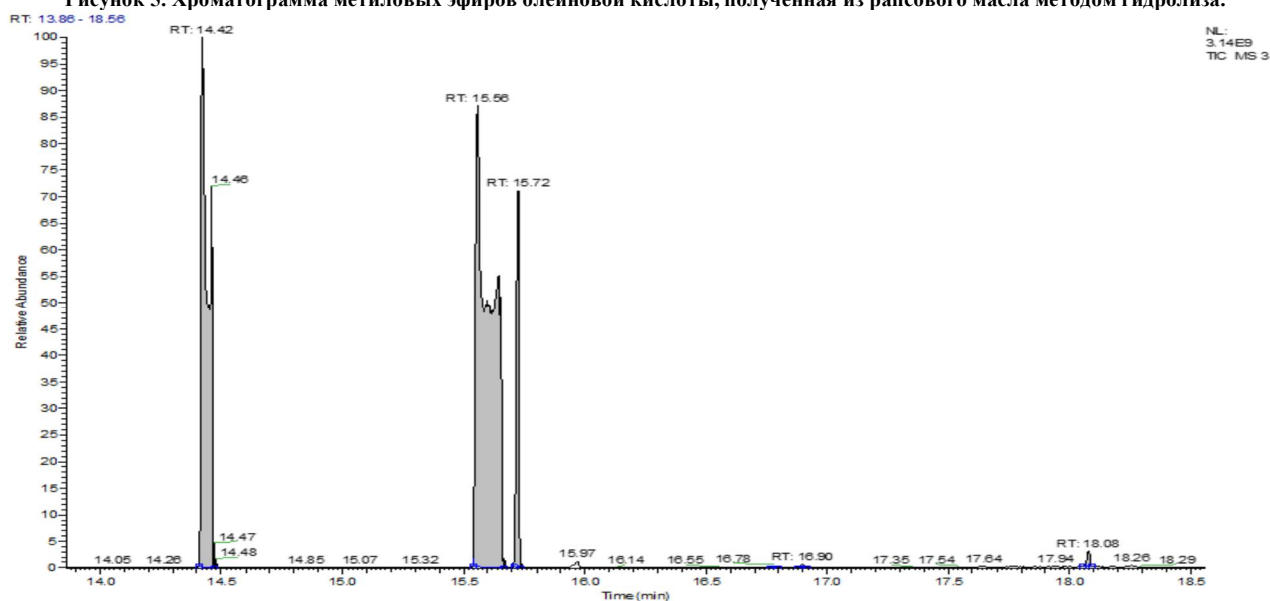


Рисунок 6. Хроматограмма метиловых эфиров олеиновой кислоты марки Z-55, импортируемой из КНР.

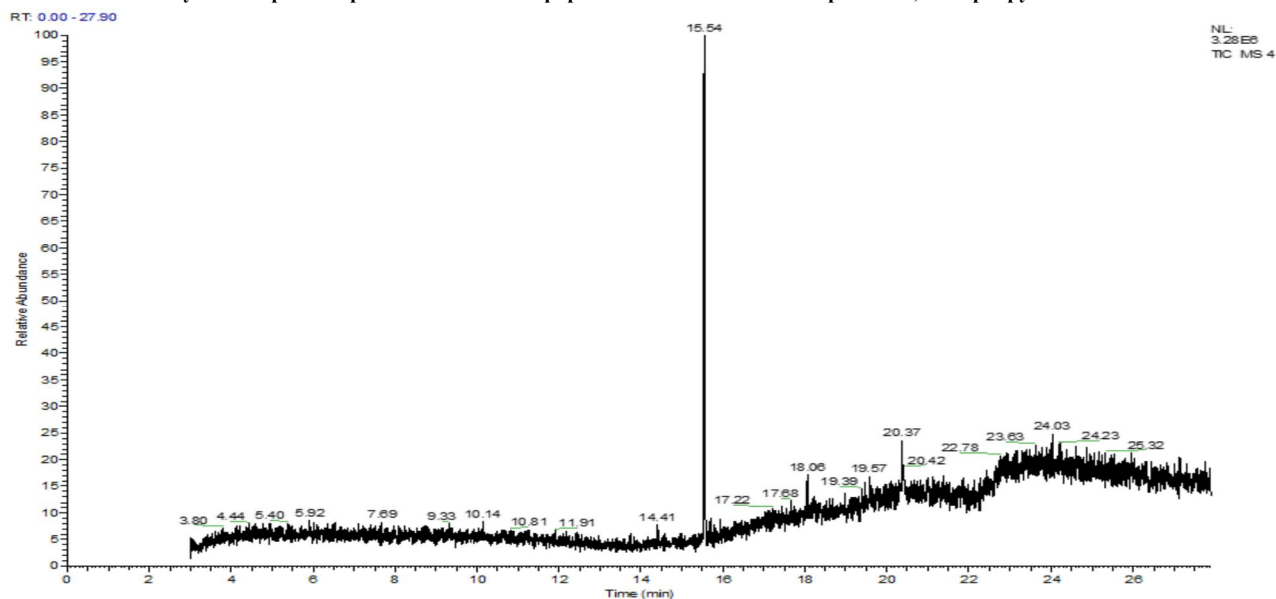


Рисунок 7. Хроматограмма метиловых эфиров рафинированного подсолнечного масла. Видно, что состав подсолнечного масла состоит в основном из ненасыщенных жирных кислот.

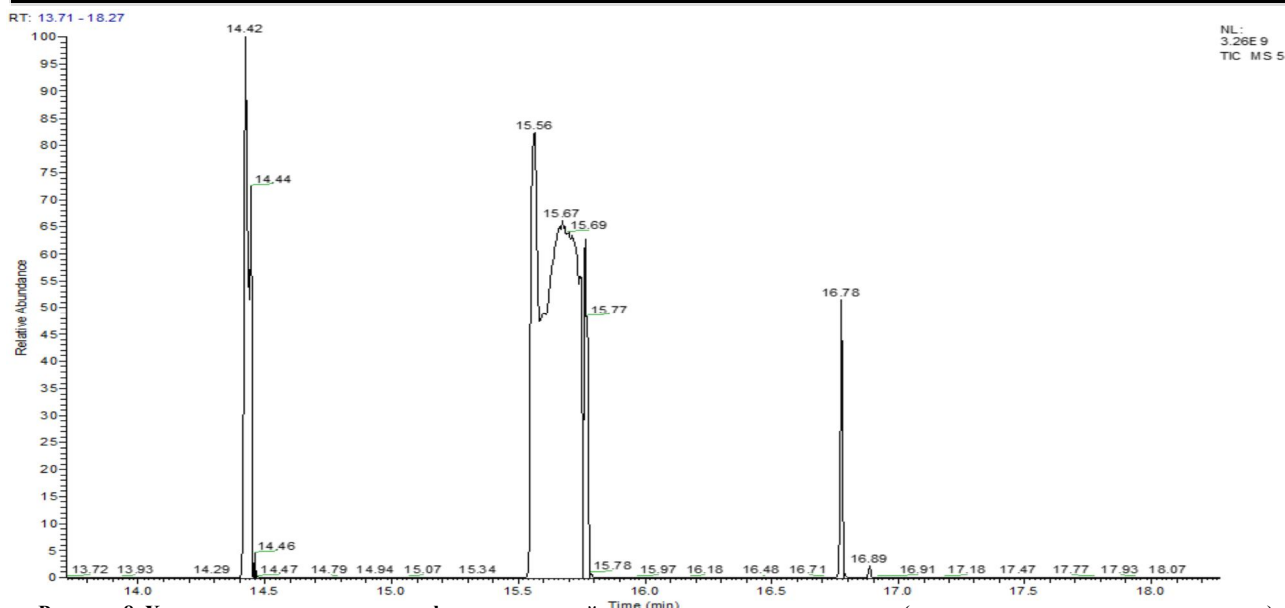


Рисунок 8. Хроматограмма метиловых эфиров олеиновой кислоты подсолнечного масла (полученная методом метилирования).

ных, а в образце из оливкового масла доля насыщенных ЖК – в 4,9 раза меньше, чем в ненасыщенных. Это ещё больше усложняет разделение ненасыщенных ЖК из насыщенных.

В хлопковом масле количество пальмитиновой кислоты составляет 30,39 %, а после дистилляции в смесях жирных кислот этот показатель равен 40,14 %. Количество олеиновой кислоты – 24,70 %, а после дистилляции – 26,58 %.

Для сравнения физических показателей авторами исследован состав оливкового и подсолнечного масел. Содержание олеиновой кислоты в оливковом масле – 58,69 %, линолевой кислоты – 23,20 %.

Изучен состав олеиновой кислоты, полученный из рапсового масла методом метилирования. В рапсовом масле всего было обнаружено 5 пиков (пики, вышедшие на 2,17, 2,24 и 2,49 минутах были вычтены, так как они соответствуют пикам растворителя, использованных для растворения образцов). Доля пика, вышедшая в 14,42 соответствующая 14-метил-пентадекановой или пальмитиновой кислотам, составляет 16,1 %. Пик по времени удержания 15,58 мин, соответствующий линолевой и олеиновой кислотам, составляет 75 % от всех обнаруженных пиков. Линолевая и олеиновая кислоты являются самыми обильными веществами в этом

образце. Причем доля самой олеиновой кислоты составляет примерно 63,16 % (табл. 2, рис. 4).

Во втором образце, полученного из рапсового масла, с применением метода гидролиза, всего был обнаружен 1 пик. Пик со временем удержания 15,58 мин, соответствующий линолевой и олеиновой кислотам, составляет 97,77 % от всех обнаруженных пиков. Линолевая и олеиновая кислоты также являются самыми обильными веществами в этом образце. Причем доля самой олеиновой кислоты составляет примерно 57,02 (рис. 5).

В олеиновой кислоте Z-55 китайского производства обнаружено 6 пиков. Пик со временем удержания 15,58 мин, соответствующий линолевой и олеиновой кислотам, составляет 59 % от всех обнаруженных пиков. Линолевая и олеиновая кислоты также являются самыми обильными веществами в этом образце. Причем доля самой олеиновой кислоты составляет примерно 37%. Доля пальмитиновой кислоты, со временем удержания 14,47 мин, составляет 30% (рис.6).

В подсолнечном масле всего было обнаружено 10 пиков (пики, вышедшие на 2,17, 2,24 и 2,49 минутах были вычтены, так как они соответствуют пикам растворителя, использованного для растворения образцов). Доля пика, вышедшая в 14,44 соответствующая 14-метил-пентадекановой или пальмитиновой кислоты составляет 6,61 %. Пик с временем удержания 15,58 мин, соответствующий линолевой и олеиновой кислотам составляет 82,65 % от всех обнаруженных пиков, что являются самыми обильными веществами в этом образце. Причем доля самой олеиновой кислоты составляет примерно 63,16 % (табл. 3, рис. 7, 8).

Таблица 3
 Состав образцов жирных кислот подсолнечного масла

Наименование жирных кислот	Время (мин)	Кол-во (%)
Пальмитиновая (C16:0)	14,44	6,61
Линолевая (C18:2)	15,56	19,49
Олеиновая (C18:1)	15,58	63,16
Стеариновая (C18:0)	15,72	9,09

Таблица 4

Состав образцов олеиновой кислоты производимых в КНР, Россия и Узбекистан

Наименование жирных кислот	КНР Z-55	Россия Б-14 (подсолнечное масло)	Узбекистан (подсолнечное масло)
Пальмитиновая (C16:0)	30,94	4,53	6,61
Стеариновая (C18:0)	9,09	7,09	9,09
Олеиновая (C18:1)	22,39	62,07	63,16
Линолевая (C18:2)	37,00	18,24	19,49
Σ- насыщенных ЖК	40,03	11,62	15,70
Σ-ненасыщенных ЖК	59,39	80,31	82,65

Дополнительно, составлена сводная таблица образцов олеиновой кислоты, полученных из подсолнечного масла от разных производителей (табл. 4).

Таким образом, в данной работе были подготовлены несколько образцов олеиновой кислоты, полученных из различных масел и разными методами.

В образцах были определены: плотность олеиновой кислоты, цвет, запах.

Олеиновая кислота, полученная методом выщелачивания, имела плотность 0,908 кг/дм³, соломенный цвет, с запахом этанола и растительного масла.

Для сравнения проверены свойства олеиновой кислоты марки Z-55, производства Китай и при T=30 °C она имела плотность 0,988 кг/дм³, коричневый цвет, запах растительного масла (в настоящее время используется на ЗВМ).

Одним из показателей качества олеиновой кислоты является способность образования эмульсий. Поэтому, из каждой пробы был приготовлен концентрат нефтепродукта по рецептурной карте (ЕП).

В результате эмульгирования пробы 1 получена эмульсия типа EL-928AM, с плотностью 1,32 г/см³, вязкостью 1.17x10⁵ сП. В результате эмульгирования пробы 2 образовалась эмульсия, с плотностью 1,33 г/см³, вязкостью 4,2 %.

Эмульсия в обоих случаях была стабильной.

Закключение

На основании проведенных исследований установлено, что в качестве сырья для производства кислоты олеиновой наиболее пригодны подсолнечное и рапсовое масла, присутствующих на отечественном рынке. Разработан метод получения олеиновой кислоты, включающий гидролиз, восстановление и очистку многократной перекристаллизацией в растворителе. На основе полученной олеиновой кислоты технической была приготовлена эмульсия типа «вода в масле» EL-928AM, с плотностью 1,32 г/см³, вязкостью 1.17x10⁵ сП. Результаты опытов показали, что эти параметры, соответствуют требованиям для изготовления эмульсии по технологии зарубежных компаний и значительно превосходят параметры ранее использованной эмульсии изготовленной на основе олеиновой кислоты марки Z-55.

Авторы выражают особую благодарность к.х.н А. Солиеву за исследования методом газовой хроматографии. Работа выполнена при финансовой поддержке фонда Государственных программ фундаментальных исследований Республики Узбекистан (проект БФ2-27).

REFERENCES

1. Tereshchuk L.V., Starovoytova K.V., Lobova T.V., Chuglina K.S. Tekhnologicheskiye aspekty proizvodstva kisloty oleinoy iz rapsovogo masla [Technological aspects of production of oleic acid from rape oil]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2013, no. 2, pp. 62-67.
2. Gubanov A.V., Postolov Yu.M., Gubanov S.A. Polucheniye zhirnykh kislot iz podsolnechnogo masla metodom dvoynoy distillyatsii [Production of fatty acids from sunflower seed oil by double distillation method]. *Vestnik VNIIZ*, 2013, no. 2, pp. 51-53.
3. Kefler L. and McLean J. H. Preparation of oleic acid. *J. Soc. Chem. Ind.* 1935, vol. 54, pp. 362-367.
4. Arutyunyan N.S. *Tekhnologiya pererabotki zhirov* [Fat processing technology]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1999. 335 p.
5. Chernova I.K., Filimonova E.I., Bychkov B.N., Solov'ev V.V. *Sposob polucheniya oleinoy kisloty iz zhirnykh kislot tallovoogo masla* [Method of preparing oleic acid from fatty acids of tall oil]. Patent RU, no. 2174973, 2001.
6. Shcherbakov V.G. *Khimiya i biokhimiya pererabotki maslichnykh semyan* [Chemistry and biochemistry of oilseed processing]. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost' Publ., 1977. 180 p.
7. Yevstigneyeva R. P. *Khimiya lipidov* [Lipid chemistry]. Moscow, Khimiya Publ., 1983. 296 p.
8. Sergeev A.G. *Rukovodstvo po tekhnologii polucheniya i pererabotki rastitel'nykh masel i zhirov* [Guidelines for the technology of obtaining and processing vegetable oils and fats]. Leningrad. VNIIZ Publ., 1973. 352 p.
9. Rafal'son A.B. *Problemy rafinatsii rapsovogo masla* [Problems of rapeseed oil refining]. *Maslozhirovaya promyshlennost'*, 2005, no. 4, pp. 10-11.
10. GOST 30418-96. Vegetable oils. Method for determination of fatty acid content. Russia, Gosstandart Publ., 1998. (In Russ.)
11. Alaudinova Ye.V., Mironov P.V., Repyakh S.M. Zhirnyye kisloty membrannykh lipidov zhivykh tkaney pochek listvennitsy sibirskoy [Fatty acids of membrane lipids of living tissues of Siberian larch buds]. *Khimiya rastitel'nogo sir'ya*, 2000, no. 2, pp. 41-45.
12. Los' D.A. Struktura, regulatsiya ekspressii i funktsionirovaniye desaturaz zhirnykh kislot [Structure, regulation of expression and functioning of fatty acid desaturases]. *Uspekhi biologicheskoy khimii*, 2001, vol. 41, pp. 163-198.
13. Afanasyeva V.A., Alferov S.V. Opredeleniye sootnosheniya polinenasyshchennykh zhirnykh kislot v pishchevykh maslakh [The polyunsaturated fatty acids ratio in food oils]. *Izvestiya TulGU. Yestestvennyye nauki*, 2018, no. 4, pp. 76-83.
14. Simopoulos A.P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother*, 2002, vol. 56, no. 8, pp. 365-379. doi:10.1016/s0753-3322(02)00253-6
15. GOST 31665-2012. Vegetable oils and animal fats. Obtaining methyl esters of fatty acids. Russia, Standartinform, 2013, p. 6. (In Russ.)