

УДК 547.9:582.284.5

КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТА ДИСТИЛЛЯЦИИ АЛИФАТИЧЕСКИХ КИСЛОТ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

© Т.П. Кукина^{1*}, Д.Н. Щербаков^{2,3,4}, Н.В. Пантелеева³, О.И. Сальникова¹, П.В. Колосов²

¹ Новосибирский институт органической химии СО РАН им.
Н.Н. Ворожцова, пр. Акад. Лаврентьева, 9, Новосибирск, 630090 (Россия),
e-mail: kukina@nioch.nsc.ru

² Алтайский государственный университет, пр. Ленина, 61, Барнаул,
656049 (Россия)

³ ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор», р.п. Кольцово, 630559 (Россия)

⁴ ООО ИПК «Зетген», р.п. Кольцово, 630559 (Россия)

Исследован состав продукта дистилляции алифатических кислот подсолнечного масла. Идентифицированы 18 кислых компонентов, более 40% состава исследованного образца приходится на линолеовую кислоту с F-витаминной активностью. Обнаружено более 30 компонентов нейтральной природы, представляющих интерес в качестве биоактивных соединений. Из них 10 – фитостеролы, 14 – тритерпеновые спирты, 5 – токоферолы. Обнаруженные в составе дитерпеновые углеводороды, спирты и кислоты кауранового строения свидетельствуют, что исходное подсолнечное масло было нативным, так как известно, что каурановые производные – хемотаксономический маркер многих растений семейства сложноцветных, в том числе подсолнечника. Помимо вышеперечисленных соединений, в исследованном образце обнаружены углеводороды (более четверти неомыляемого остатка), как алифатические, так и дитерпеновые. Алифатические компоненты преимущественно ненасыщенные, что может свидетельствовать об их артефактном происхождении, т.е. они являются продуктами дегидратации алифатических спиртов. Обнаружены изомеры фитадиена – продукты дегидратации и изомеризации фитола. Полученные данные свидетельствуют о перспективности дальнейшего использования концентрата в качестве биоактивных добавок, ингредиентов косметических средств и компонентов фармпрепаратов.

Ключевые слова: подсолнечное масло, липидный состав, алифатические кислоты, дистилляция, ГЖХ-МС.

Введение

Производство растительного масла является крупнотоннажной отраслью аграрного сектора. На протяжении последних 10 лет наблюдается уверенный рост производства растительного масла в мире. Значения среднегодовых приростов колеблются от 0.8 до 8.6%, а средний показатель прироста объемов производства с 2000 г. составляет 4.8%. В 2012 г. объем мирового производства растительного масла достиг практически 160 млн тонн (United State Department of Agriculture). По данным Росстата в России, в 2017 г. валовое производство растительного масла достигло значения 6273 тыс. тонн, при этом основной возделываемой культурой является подсолнечник, на долю которого приходится более 80% валового сбора маслосемян.

Кукина Татьяна Петровна – старший научный сотрудник, доцент, e-mail: kukina@nioch.nsc.ru

Щербаков Дмитрий Николаевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры органической химии, e-mail: scherbakov_dn@vector.nsc.ru

Пантелеева Нина Витальевна – стажер-исследователь отдела биоинженерии, e-mail: nino4ka_panteleeva@mail.ru

Сальникова Ольга Иосифовна – ведущий инженер, e-mail: olga@nioch.nsc.ru

Колосов Петр Владимирович – кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии, e-mail: petro.kolosov@gmail.com

– розлив масла;

Производство растительных масел из природного сырья состоит из следующих технологических процессов:

– подготовка к хранению и хранение масличных семян (извлечение примесей из семян, кондиционирование семян по влажности);

– подготовка семян к извлечению масла;

– извлечение масла: методом механического отжима (прессовый способ) либо методом экстракции органическими растворителями;

– рафинация полученного масла;

* Автор, с которым следует вести переписку.

– упаковка и маркировка [1].

Ряд процессов производства растительных масел, таких как подготовка семян к извлечению масла, извлечение масла и рафинация, связаны с появлением крупнотоннажных отходов. В зависимости от технологической схемы, используемой предприятием и с/х культуры источника масла, виды отходов могут варьировать. Щелочная обработка связана с накоплением соапстока, осветление масла приводит к накоплению отработанных отбелных глин и фильтрующих порошков. Одним из отходов финальной стадии очистки масла является кубовой остаток от дистилляции жирных кислот, в разных источниках используют немного различающиеся термины, однако общим является использование физического процесса перегонки. Дистилляция масла проходит в присутствии пара в условиях высокого вакуума для снижения температуры кипения жирных кислот. В ряде работ показано, что дистиллят жирных кислот может быть источником ряда биологически активных веществ, таких как стерины, токоферолы, поликозанола.

Ghosh и Bhattacharya при исследовании дистиллята жирных кислот подсолнечного масла, полученного на территории Индии, обнаружили 28.8% свободных жирных кислот, 4.8% токоферолов, 9.7% стеролов, при этом количество неомыляемых веществ составило 24.9% [2]. Дистиллят жирных кислот, полученный на территории Аргентины, содержит 45% свободных жирных кислот, 5.1% стеролов и 6% токоферолов [3]. В дистилляте жирных кислот, полученном на территории Бельгии, было обнаружено 70.8% свободных жирных кислот, 4.2% стеролов и 1.2% токоферолов [4]. Таким образом, липидный состав этого продукта может значительно варьировать, и его дальнейшее использование в качестве первого шага требует детального химического анализа.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования выступал препарат дистиллята жирных кислот, полученный от ООО «Юг Сибири», специализирующегося на производстве масел и жиров. Использован ротационный испаритель Büchi, Швейцария. Тонкослойная хроматография проведена на пластинках Sorbfil и Армсорб в системе гексан–метил-*трет*-бутиловый эфир (7 : 3), Проявление хроматограмм проводили опрыскиванием пластинок смесью ванилин–серная кислота–спирт в соотношении 1 : 10 : 90 с последующим подогревом пластинки. Очистка целевых соединений осуществлялась с помощью колоночной хроматографии на силикагеле фирмы Sigma-Aldrich (MerckGrade 7734) 70-230 mesh. В качестве элюента применен гексан с повышающимся от 1 до 50% содержанием диэтилового эфира. Хромато-масс-спектры записаны на приборе Hewlett Packard G1800 A, состоящем из газового хроматографа HP 5890 серии II и квадрупольного масс-селективного детектора HP 5971 со стандартной энергией ионизации 70 эВ. Колонка 30 м×0.25 мм×0.25 мкм с сорбентом HP-5MS (5% – дифенил, 95% – диметилсилоксан). Газ-носитель – гелий (1 мл/мин). Температура колонки: 2 мин при 50 °С, далее повышение температуры со скоростью 4 °С в мин до 300 °С, 30 мин при 300 °С. Температура испарителя 280 °С, источника ионов 170 °С. Анализ компонентов препарата дистиллята жирных кислот проводили по схеме, использованной ранее [5, 6] (рис. 1).

Для выделения неомыляемого остатка навеску исследуемого вещества 200 г растворяли в омыляющей смеси, содержащей 15% гидроксида натрия, 10% дистиллированной воды и 75% этилового спирта по весу, из расчета 10-кратного количества омыляющей смеси по отношению к взятой навеске. Смесь кипятили на магнитной мешалке с подогревом при интенсивном перемешивании в колбе, в течение 1.5 ч. После окончания реакции из реакционной смеси отогнали 1.4 л этанола, остаток разбавили водой в 4 раза и экстрагировали в делительной воронке метил-*трет*-бутиловым эфиром (МТБЭ) (4×500 мл). Объединенные эфирные вытяжки отмывали на делительной воронке дистиллированной водой (4×500 мл) и вакуумировали на ротационном испарителе до полного удаления растворителя. Выход неомыляемых веществ составил 46.5 г (23.25%).

Суммарные кислоты получали из реакционных смесей после отделения неомыляемых веществ подкислением 10% соляной кислотой до pH=2 и экстракцией свежеперегранным МТБЭ в делительной воронке (4×400 мл). Объединенные эфирные вытяжки промывали дистиллированной водой и вакуумировали на ротационном испарителе до полного удаления растворителя. Выход кислых компонентов составил 151.3 г (75.65%).

Навеску суммарных кислот растворяли в свежеперегранным диэтиловым эфире с добавкой метанола и добавляли порциями эфирный раствор диазометана. Контроль над реакцией осуществляли визуально по изменению окраски раствора и прекращению выделения пузырьков азота – одного из продуктов разложения диазометана. Метилвые эфиры свободных и суммарных кислот анализировали при помощи ХМС-анализа в Химическом исследовательском центре коллективного пользования СО РАН.

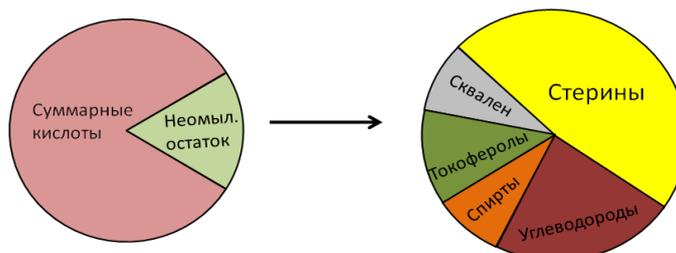


Рис. 1. Компоненты дистилята жирных кислот

Разделение компонентов неомыляемого остатка проводили способом, описанным ранее [5, 6] при помощи колоночной хроматографии на силикагеле. Объединение фракций осуществляли по результатам мониторинга с помощью тонкослойной хроматографии (ТСХ). Идентификацию компонентов полученных фракций проводили при помощи ГЖХ-МС-анализа в Химическом исследовательском центре коллективного пользования СО РАН.

Статистическую обработку полученных данных проводили в вычислительной среде табличного процессора Microsoft Excel®.

Обсуждение результатов

Отходы получения масла подсолнечника, возникающие на последнем этапе его очистки при дистилляции под вакуумом, становились предметом исследования. Однако состав этого продукта может значительно варьироваться. Факторами, оказывающими влияние, может быть география произрастания подсолнечника, особенности технологической схемы получения и очистки масла, время сбора семян, условия дистилляции и др. Так, количество стерина в препаратах дистилята может колебаться от 3% [7] до 9% [2], токоферолов – от 4.8% [2] до 9.5% [8]. Большую часть препарата дистилята жирных кислот составляют свободные жирные кислоты, их количество, как правило, находится в пределах от 29% [2, 7], 40–45% [3, 9] до 55% [8]. В нашем исследовании содержание свободных кислот составило 70%. Результаты детального анализа кислот представлены в таблице 1.

Высокое содержание кислот кауранового строения свидетельствуют, что исходное подсолнечное масло было нативным (табл. 1).

Масс-спектры этих компонентов содержат характерный молекулярный ион с M/Z 316, что совпадает с информацией из базы данных (рис. 2 и рис. 3).

Более 40% состава исследованного образца приходится на линолевую кислоту с F-витаминной активностью (табл. 1).

Наибольший интерес с точки зрения биологической активности представляют вещества неомыляемого остатка, который представлен суммой алифатических углеводородов, алифатических и тритерпеновых спиртов, токоферолов, а также стерина (табл. 2). Каурановые кислоты также могут вызывать интерес, так как обладают широким спектром биоактивности [7].

Результаты, представленные в таблице 2, совпадают, в целом, с данными, полученными ранее исследователями [2, 4, 8–12]. Результаты ХМС-анализа компонентов неомыляемого остатка представлены в таблицах 2–5.

Таблица 1. Кислоты, идентифицированные при помощи ГЖХ-МС-анализа в отходах от дистилляции жирных кислот из растительных масел (мг%*)

Вещество/образец	Суммарные
Лауриновая $C_{14:0}$	169.1±8.5
Гексадеценная $C_{16:1}$	188.3±9.4
Пальмитиновая $C_{16:0}$	9496.0±475.8
Маргариновая $C_{17:0}$	11.7±0.6
Стеариновая $C_{18:0}$	4873.4±243.7
Олеиновая $C_{18:1}$	14560.2±1728.0
Линолевая $C_{18:2}$	43775.5±5188.8
Каур-16-ен-18-овая кислота	887.4±44.4
Изомер каурен-18-овой кислоты	1671.4±86.1
Изомер каурен-18-овой кислоты	1749.7±87.5
Изомер каурен-18-овой кислоты	164.1±8.4
Изомер каурен-18-овой кислоты	175.8±8.9
Арахидиновая $C_{20:0}$	601.6±30.2
Цис-13-эйкозеновая	345.8±17.9
Бегеновая $C_{22:0}$	1437.3±72.9
Трикозановая $C_{23:0}$	120.8±6.1
Тетракозановая $C_{24:0}$	534.9±21.1

* мг% – количество мг определяемого вещества на 100 г исследованного образца

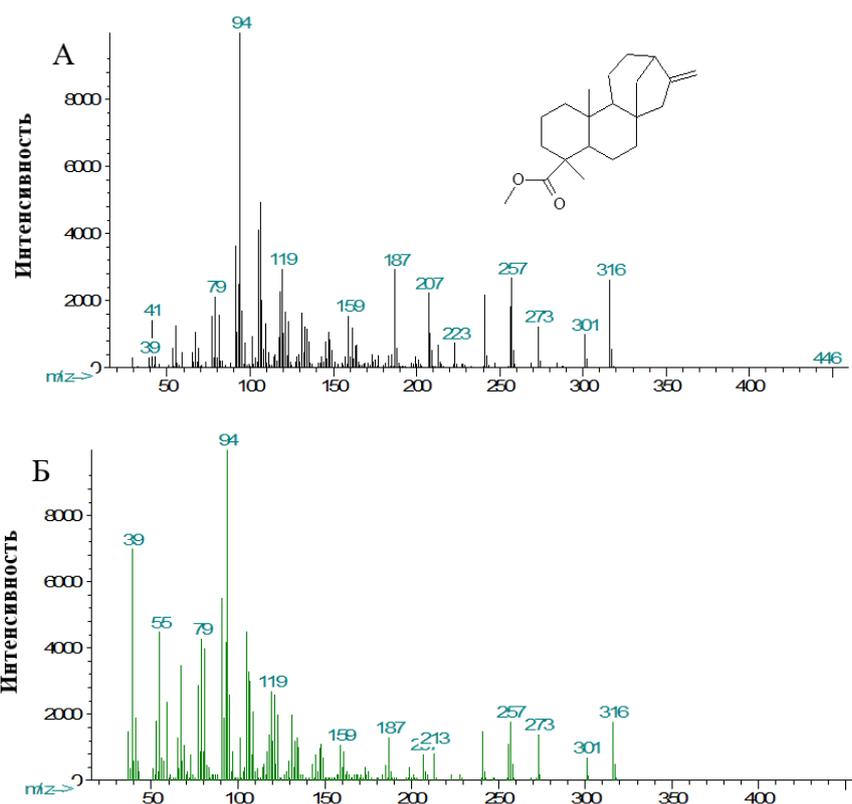


Рис. 2. Масс-спектр, характеризующий распределение молекулярных масс метилового эфира каур-16-ен-18-овой кислоты. Для ключевых пиков указана масса (Да). А – полученный спектр ионов. Б – спектр ионов из базы данных Химического исследовательского центра коллективного пользования СО РАН

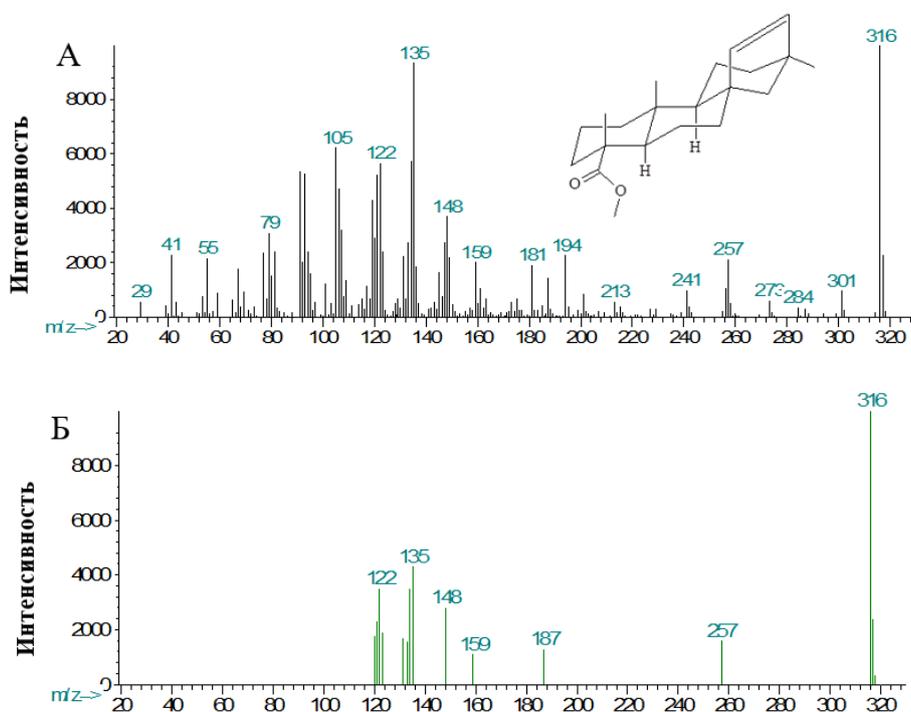


Рис. 3. Масс-спектр, характеризующий распределение молекулярных масс метилового эфира 17-норкаур-15-ен-18-овой кислоты. Для ключевых пиков указана масса (Да). А – полученный спектр ионов. Б – спектр ионов из базы данных Химического исследовательского центра коллективного пользования СО РАН

Таблица 2. Стерины, идентифицированные в неомыляемом остатке

Соединение	мг%	Соединение	мг%
Холестерин	49.8±2.5	β-Ситостерин	5146.3±257.3
Криностерин	169.3±8.5	Фукостерин	485.8±24.4
Кампестерин	1139.7±58.1	Стигмаста-5,24(28)диен-3β-ол	52.9±2.7
Стигмастерин	1068.8±53.4	Стигмаст-7-ен-3β-ол	191.5±8.2
26-этил-холеста-5,25-диен-3β-ол	77.6±4.1	Стигмаста-7,16-диен-3β-ол	70.2±3.5

Таблица 3. Тритерпеновые спирты, идентифицированные в неомыляемом остатке

Соединение	мг%	Соединение	мг%
Дигидрозуфол	15.0±0.8	Циклоартенол	136.3±6.8
Эуфол	15.0±0.8	24-Метиленициклоартанол	282.7±14.0
β-Амирин	57.9±2.9	24-Метилциклоартенол	16.0±0.8
α-Амирин	484.6±24.3	Моретенол	3.3±0.2
24-метиленилофенол	3.1±0.3	4,14- Диметилэргоста-8,24(28)-диен-3β-ол	27.3±1.4
Цитростадиенол	209.9±10.5	4α-Метилэргоста-7,24(28)-диен-3β-ол	57.9±3.0
Цитрост-7-ен-3β-ол	14.0±0.7	4-β-Метил-24(R)-метил-холест-ен-3β-ол	27.1±1.4

Таблица 4. Алифатические спирты, идентифицированные в неомыляемом остатке

Соединение	мг%	Соединение	мг%
Додеканол	5.7±0.3	Фитол	92.0±4.6
Тетрадеканол	2.5±0.1	Эйкозанол	2.9±0.2
Гексадеканол	10.2±0.6	2-Генэйкозанол	1.5±0.1
Геранилгераниол	80.1±4.1	Докозанол	3.9±0.2
Гераниллиналоол	3.3±0.2	Тетракозанол	5.0±0.3
2-Нонадеканол	4.5±0.3	Гексакозанол	6.3±0.3
Изофитол	5.5±0.3	Октакозанол	1.0±0.1

Таблица 5. Токоферолы, идентифицированные в неомыляемом остатке

Соединение	мг%
α-Токоферол	993.4±49.7
β-Токоферол	161.1±8.0
γ-Токоферол	105.6±5.3
δ-Токоферол	23.0±1.1
3,4-Дидегидро-6-О-метил- γ-токоферол	19.9±1.0
Всего	1322.9±66.5

Основным компонентом фракции стеринов является β-ситостерин, чья доля составляет более 60%, следующими по содержанию стеринами являются кампестерин и стигмастерин (табл. 2).

Основным компонентом, найденным во фракции тритерпеновых спиртов, оказался α-амирин (табл. 3), ранее обнаруженный в масле подсолнечника [13] и обладающий противовоспалительной активностью [14].

Содержание алифатических спиртов относительно невелико. Это можно объяснить дегидратацией нормальных алканолов в процессе дистилляции масла. Аллильные спирты (геранилгераниол, фитол) такой трансформации не подвержены (табл. 4).

Содержание α-токоферола (табл. 5) в неомыляемом остатке значительно больше, чем остальных форм, что согласуется с результатами, полученными при исследовании влияния различных процессов очистки подсолнечного масла на токоферолы [15].

Помимо вышеперечисленных соединений, в исследованном образце обнаружены углеводороды (более четверти неомыляемого остатка), как алифатические, так и дитерпеновые. Алифатические компоненты преимущественно ненасыщенные, что может свидетельствовать об их артефактном происхождении, т.е. они – продукты дегидратации алифатических спиртов. Обнаружены изомеры фитадиена – продукты дегидратации и изомеризации фитола. Дитерпеновые углеводороды и кислоты кауранового строения свидетельствуют, что исходное подсолнечное масло было нативным, так как известно, что каурановые производные – хемотаксономический маркер многих растений семейства сложноцветных, в том числе подсолнечника [16,17]. В составе присутствует фракция, содержащая алифатические и тритерпеновые кетоны, которые могут иметь как нативную, так и артефактную природу.

Выводы

1. Исследован состав продукта дистилляции алифатических кислот подсолнечного масла. Идентифицировано 18 кислых компонентов, более 40% состава исследованного образца приходится на линолевую кислоту с F-витаминной активностью.

2. Обнаружено более 30 компонентов нейтральной природы, представляющих интерес в качестве биоактивных соединений. Из них 10 – фитостеролы, 14 – тритерпеновые спирты, 5 – токоферолы.

3. Обнаруженные в составе дитерпеновые углеводороды, спирты и кислоты кауранового строения свидетельствуют, что исходное подсолнечное масло было нативным, так как известно, что каурановые производные – хемотаксономический маркер многих растений семейства сложноцветных, в том числе подсолнечника.

4. Полученные данные свидетельствуют о перспективности дальнейшего использования концентрата в качестве биоактивных добавок, ингредиентов косметических средств и компонентов фармпрепаратов.

Авторы выражают благодарность Химическому исследовательскому центру коллективного пользования СО РАН за проведение ГХ-МС-анализа, Елишину И.А. за помощь в идентификации эуфановых тритерпенолов.

Список литературы

1. Щербаков В.Г. Технология получения растительных масел. Л., 1982. 168 с.
2. Ghosh S., Bhattacharyya D.K. Isolation of tocopherol and sterol concentrate sunflower oil deodorizer distillate // J. Am. Oil Chem. Soc. 1996. Vol. 73. N10. Pp. 1271–1274. DOI: 10.1007/BF02525456.
3. Moreira E.A., Baltanás M.A. Recovery of phytosterols from sunflower oil deodorizer distillates // J. Am. Oil Chem. Soc. 2004. Vol. 81. N2. Pp. 161–167. DOI: 10.1007/s11746-004-0875-x.
4. Verleyen T., Verhe R., Garcia L., Dewettinck K., Huyghebaert A., De Greyt W. Gas chromatographic characterization of vegetable oil deodorization distillate // J. Chromatogr. A. 2001. Vol. 921. N2. Pp. 277–285. DOI: 10.1016/S0021-9673(01)00881-0.
5. Кукина Т.П., Щербаков Д.Н., Геньш К.В., Пантелеева Н.В., Тулышева Е.А., Сальникова О.И., Гражданников А.Е. Биоактивные компоненты эфирного экстракта древесной зелени облепихи *Hippophae rhamnoides* L. // Химия растительного сырья. 2019. №1. С. 157–164. DOI: 10.14258/jcprm.2019014340.
6. Кукина Т.П., Щербаков Д.Н., Геньш К.В., Тулышева Е.А., Сальникова О.И., Гражданников А.Е., Колосова Е.А. Биоактивные компоненты древесной зелени облепихи *Hippophae rhamnoides* L. // Химия растительного сырья. 2016. №1. С. 37–42. DOI: 10.14258/jcprm.2016011100.
7. Villa-Ruano N., Lozoya-Gloria E., Pacheco-Hernández Y. Chapter 3 – Kaurenoic Acid: A Diterpene With a Wide Range of Biological Activities // Studies in Natural Products Chemistry. 2016. Vol. 51. Pp. 151–174. DOI: 10.1016/B978-0-444-63932-5.00003-6.
8. Carmona M.A., Jiménez C., Jiménez-Sanchidrián C., Peña F., Ruiz J.R. Isolation of sterols from sunflower oil deodorizer distillate // J. Food Eng. 2010. Vol. 101. N2. Pp. 210–213. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.07.004.
9. Martins P.F., Ito V.M., Batistella C.B., MacIel M.R.W. Free fatty acid separation from vegetable oil deodorizer distillate using molecular distillation process // Sep. Purif. Technol. 2006. Vol. 48. N1. Pp. 78–84. DOI: 10.1016/j.seppur.2005.07.028.
10. Naz S., Hussain Sherazi S.T., Talpur F.N., Kara H., Uddin S., Khaskheli A.R. Chemical characterization of canola and sunflower oil deodorizer distillates // Polish J. Food Nutr. Sci. 2014. Vol. 64. N2. Pp. 115–120. DOI: 10.2478/pjfn-2013-0008.
11. Schwartz H., Ollilainen V., Piironen V., Lampi A.M. Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats // J. Food Compos. Anal. 2008. Vol. 21. N2. Pp. 152–161. DOI: 10.1016/j.jfca.2007.07.012.
12. Bonvehi J.S., Coll F.V., Rius I.A. Liquid chromatographic determination of tocopherols and tocotrienols in vegetable oils, formulated preparations, and biscuits // J. AOAC Int. 2000. Vol. 83. N3. Pp. 627–634.
13. Fedeli E., Lanzani A., Capella P., Jacini G. Triterpene alcohols and sterols of vegetable oils // J. Am. Oil Chem. Soc. 1966. Vol. 43. N4. Pp. 254–256. DOI: 10.1007/BF02641098.
14. Akihisa T., Yasukawa K., Oinuma H., Kasahara Y., Yamanouchi S., Takido M. et al. Triterpene alcohols from the flowers of compositae and their anti-inflammatory effects // Phytochemistry. 1996. Vol. 43. N6. Pp. 1255–1260. DOI: 10.1016/S0031-9422(96)00343-3.
15. Tasan M., Demirci M. Total and individual tocopherol contents of sunflower oil at different steps of refining // Eur. Food Res. Technol. 2005. Vol. 220. N3–4. Pp. 251–254. DOI: 10.1007/s00217-004-1045-8.
16. Fambrini M., Mariotti L., Parlanti S., Picciarelli P., Salvini M., Ceccarelli N., Pugliesi C. The extreme dwarf phenotype of the GA-sensitive mutant of sunflower, dwarf2, is generated by a deletion in the ent-kaurenoic acid oxidase1 (HaKAO1) gene sequence // Plant Molecular Biology. 2011. Vol. 75. N4. Pp. 431–450. DOI: 10.1007/s11103-011-9740-x.

17. Boller S., Soldi C., Marques M.C.A., Santos E.P., Cabrini D.A., Pizzolatti M.G., Zampronio A.R., Otuki M.F. Anti-inflammatory effect of crude extract and isolated compounds from *Baccharis illinoensis* DC in acute skin inflammation // *Journal of Ethnopharmacology*. 2010. Vol. 130. N2. Pp. 262–266. DOI: 10.1016/j.jep.2010.05.001.

Поступила в редакцию 21 июня 2019 г.

После переработки 28 октября 2019 г.

Принята к публикации 5 ноября 2019 г.

Для цитирования: Кукина Т.П., Щербаков Д.Н., Пантелеева Н.В., Сальникова О.И., Колосов П.В. Качественный и количественный состав продукта дистилляции алифатических кислот подсолнечного масла // *Химия растительного сырья*. 2020. №1. С. 199–206. DOI: 10.14258/jcrpm.2020015909.

Kukina T.P.^{1*}, *Shcherbakov D.N.*^{2,3,4}, *Panteleyeva N.V.*³, *Sal'nikova O.I.*¹, *Kolosov P.V.*² QUALITY AND QUANTITATIVE COMPOSITION OF SUNFLOWER OIL DEODORIZATION DISTILLATE

¹ *Novosibirsk Institute of Organic Chemistry, SB RAS N.N. Vorozhtsova, pr. Acad. Lavrentieva, 9, Novosibirsk, 630090 (Russia), e-mail: kukina@nioch.nsc.ru*

² *Altai State University, pr. Lenina, 61, Barnaul, 656049 (Russia)*

³ *FBUN SSC VB "Vector", Koltsovo, 630559 (Russia)*

⁴ *ООО ИПК Zetgen, Koltsovo, 630559 (Russia)*

The composition of the sunflower oil deodorization distillate has been investigated. 18 acidic components have been identified, more than 40% of the composition of the studied sample falls on linoleic acid with F-vitamin activity. More than 30 components of neutral nature have been found that are of interest as bioactive compounds. Of these, 10 are phytosterols, 14 are triterpene alcohols, 5 are tocopherols. The diterpene hydrocarbons, alcohols and acids of the kauran structure found in the composition of deodorization distillate indicate that the original sunflower oil was native, since it is known that kauran derivatives are a chemotaxonomic marker of many plants of the compositae family, including sunflower. In addition to the above compounds, hydrocarbons (more than a quarter of the unsaponifiable matter), both aliphatic and diterpenic, in the studied sample, was found. Aliphatic components are predominantly unsaturated, which may indicate their artifact origin, i.e. they are the products of the dehydration of aliphatic alcohols. Phytadiene isomers, products of phytol dehydration and isomerization, have been found. The data obtained indicate the prospects for the use of oil deodorization distillate as a source of bioactive substances, cosmetic ingredients and pharmaceutical components.

Keywords: sunflower oil, lipid composition, aliphatic acids, distillation, GLC-MS, HPLC.

*Corresponding author.

References

1. Shcherbakov V.G. *Tekhnologiya polucheniya rastitel'nykh masel*. [The technology of obtaining vegetable oils]. Leningrad, 1982, 168 p. (inRuss.).
2. Ghosh S., Bhattacharyya D.K. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1996, vol. 73, no. 10, pp. 1271–1274. DOI: 10.1007/BF02525456.
3. Moreira E.A., Baltanás M.A. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2004, vol. 81, no. 2, pp. 161–167. DOI: 10.1007/s11746-004-0875-x.
4. Verleyen T., Verhe R., Garcia L., Dewettinck K., Huyghebaert A., De Greyt W. *J. Chromatogr. A*, 2001, vol. 921, no. 2, pp. 277–285. DOI: 10.1016/S0021-9673(01)00881-0.
5. Kukina T.P., Shcherbakov D.N., Gen'sh K.V., Panteleyeva N.V., Tulysheva Ye.A., Sal'nikova O.I., Grazhdannikov A.Ye. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 1, pp. 157–164. DOI: 10.14258/jcprm.2019014340(inRuss.).
6. Kukina T.P., Shcherbakov D.N., Gen'sh K.V., Tulysheva Ye.A., Sal'nikova O.I., Grazhdannikov A.Ye., Kolosova Ye.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, no. 1, pp. 37–42. DOI: 10.14258/jcprm.2016011100(inRuss.).
7. Villa-Ruano N., Lozoya-Gloria E., Pacheco-Hernández Y. *Studies in Natural Products Chemistry*, 2016, vol. 51, pp. 151–174. DOI: 10.1016/B978-0-444-63932-5.00003-6.
8. Carmona M.A., Jiménez C., Jiménez-Sanchidrián C., Peña F., Ruiz J.R. *J. Food Eng.*, 2010, vol. 101, no. 2, pp. 210–213. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.07.004.
9. Martins P.F., Ito V.M., Batistella C.B., Maclel M.R.W. *Sep. Purif. Technol.*, 2006, vol. 48, no. 1, pp. 78–84. DOI: 10.1016/j.seppur.2005.07.028.
10. Naz S., Hussain Sherazi S.T., Talpur F.N., Kara H., Uddin S., Khaskheli A.R. *Polish J. Food Nutr. Sci*, 2014, vol. 64, no. 2, pp. 115–120. DOI: 10.2478/pjfn-2013-0008.
11. Schwartz H., Ollilainen V., Piironen V., Lampi A.M. *J. Food Compos. Anal.*, 2008, vol. 21, no. 2, pp. 152–161. DOI: 10.1016/j.jfca.2007.07.012.
12. Bonvehi J.S., Coll F.V., Rius I.A. *J. AOAC Int.*, 2000, vol. 83, no. 3, pp. 627–634.
13. Fedeli E., Lanzani A., Capella P., Jacini G. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1966, vol. 43, no. 4, pp. 254–256. DOI: 10.1007/BF02641098.
14. Akihisa T., Yasukawa K., Oinuma H., Kasahara Y., Yamanouchi S., Takido M. et al. *Phytochemistry*, 1996, vol. 43, no. 6, pp. 1255–1260. DOI: 10.1016/S0031-9422(96)00343-3.
15. Tasan M., Demirci M. *Eur. Food Res. Technol.*, 2005, vol. 220, no. 3–4, pp. 251–254. DOI: 10.1007/s00217-004-1045-8.
16. Fambrini M., Mariotti L., Parlanti S., Picciarelli P., Salvini M., Ceccarelli N., Pugliesi C. *Plant Molecular Biology*, 2011, vol. 75, no. 4, pp. 431–450. DOI: 10.1007/s11103-011-9740-x.
17. Boller S., Soldi C., Marques M.C.A., Santos E.P., Cabrini D.A., Pizzolatti M.G., Zampronio A.R., Otuki M.F. *Journal of Ethnopharmacology*, 2010, vol. 130, no. 2, pp. 262–266. DOI: 10.1016/j.jep.2010.05.001.

Received June 21, 2019

Revised October 28, 2019

Accepted November 5, 2019

For citing: Kukina T.P., Shcherbakov D.N., Panteleyeva N.V., Sal'nikova O.I., Kolosov P.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 199–206. (inRuss.). DOI: 10.14258/jcprm.2020015909.