

МАСЛА КОНОПЛИ И ХЛОПЧАТНИКА ОБРАЗЦОВ КОЛЛЕКЦИИ ВИР КАК ИСТОЧНИК ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ

DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-38-43

УДК 633.854; 633.863; 644.34

Поступление/Received: 27.02.2019

Принято/Accepted: 10.06.2019

HEMPSEED AND COTTONSEED OILS IN THE ACCESSIONS FROM THE VIR COLLECTION AS SOURCES OF FUNCTIONAL FOOD INGREDIENTS

С. В. ГРИГОРЬЕВ¹, Т. В. ШЕЛЕНГА¹, К. В. ИЛЛАРИОНОВА²S. V. GRIGORYEV¹, T. V. SHELENGA¹, K. V. ILLARIONOVA²

¹ *Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР), 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44;*

✉ s.grigoryev@vir.nw.ru

² *Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 197373 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 50*

¹ *N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia;*

✉ s.grigoryev@vir.nw.ru

² *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (POLYTECH), 50 Novorossiyskaya Street, St. Petersburg 197373, Russia*

Актуальность. Хлопчатник и конопля – востребованные в мире прядильные и масличные культуры для получения волокон различного назначения, масел, семян, жмыхов и шротов, костры, лекарственных и парфюмерно-косметических средств. В настоящий момент масла конопли и хлопчатника в РФ имеют ограниченное торговое предложение. Расширение сырьевой базы текстильной и пищевой промышленности за счет культивирования промышленных сортов конопли и хлопчатника может иметь значимую перспективу. Производство пищевого масла и семян для получения функциональных пищевых ингредиентов может способствовать повышению качественного уровня питания, сохранит и улучшит здоровье. **Материал и методы.** Исследован состав ненасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот масла семян конопли *Cannabis sativa* L., выращенных в условиях северо-западного Нечерноземья, и семян средневолокнистого и тонковолокнистого хлопчатника видов *Gossypium hirsutum* L., *G. herbaceum* L., *G. barbadense* L., полученных в Адлерском р-не Краснодарского края РФ. Изучение проводили с помощью газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрией на хроматографе Agilent 6850 (США). Полученные результаты обрабатывались программами UniChrom и AMDIS. **Результаты и выводы.** Содержание омега-6 линолевой кислоты в масле конопли исследованных образцов достигало 64,2%, омега-3 альфа-линоленовой – 27,1%, мононенасыщенной олеиновой – 14,0%. Сумма ненасыщенных жирных кислот – 94,2%, полиненасыщенных – 87,2%. В сравнении с конопляным маслом хлопчатника имело меньшую сумму полиненасыщенных кислот (максимум 58,0%). Максимум суммы ненасыщенных кислот – 79,0%. Олеиновой кислоты обнаружено до 22,7%. Выделены образцы конопли и хлопчатника – сорта и линии с высоким содержанием ненасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот. Максимальная концентрация омега-6 линолевой кислоты в масле конопли (62,0%–64,2%) отмечена у образцов к-390 (LKCD), к-510 (Днепровская 4') и к-109 ('Проскуровский'). Наличие омега-3 альфа-линоленовой триненасыщенной кислоты достигало 18,7–27,1% у образцов к-429 ('ЮСО 1'), к-581 ('Сурская') и к-355 (Мари). Содержание уникальной тетраненасыщенной стеариновой кислоты до 3,0% – у образца к-355 (Мари). У образцов хлопчатника и-0159127 (Тутум, *G. herbaceum*) и и-0159125 (Войтенок ФРТ) установлена максимальная сумма полиненасыщенных жирных кислот (54,0–58,0%), сумма насыщенных кислот – до 80% у и-0159127 (Тутум) и сорта 'Михайловский'. Образец и-0159126 (Тямин, *G. barbadense*) имел 55% линолевой кислоты при общей сумме ПНЖК 56%. Используя выделенные образцы в качестве исходного материала, возможно создание продвинутых специализированных сортов, имеющих в семенах и масле вещества или комплекс веществ, которые могут быть эффективны в снижении риска развития рака и сердечно-сосудистых заболеваний, снижении уровня холестерина, являться ценными добавками в корма сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: полиненасыщенные жирные кислоты; линолевая кислота, линоленовая кислота, функциональный пищевой продукт.

Background. Oils of hemp and cotton presently have reduced retail trade offer in Russia, but are widely produced and used. Industrial hemp is still cultivated and processed domestically. In the 1950s, industrial cotton was cultivated on a hundred thousand hectares in the country, and now there are signs of its restored growing. Both crops have the ability to restore the raw material base to produce textile fibers, seed and oil as well as the potential to improve functional food production, because they contain functional food ingredients in their oil capable of reducing human nutrition disorder risks, preventing or restoring nutrient deficiencies, preserving and improving health. **Materials and methods.** Unsaturated and polyunsaturated fatty acids' profiles of hempseed (*Cannabis sativa* L.) and cottonseed (*Gossypium hirsutum* L., *G. herbaceum* L., *G. barbadense* L.) oils were evaluated. Seeds were grown respectively under the conditions of the Russian North-West (hemp) and Adler District, Krasnodar Territory (cotton). The PUFA profile was measured using gas chromatography with mass spectrometry equipment (Agilent 6850, USA). All data were calculated using the UniChrom software. **Results and conclusions.** The content of the omega-6 linoleic acid in hemp accessions reached 64.2%; omega-3 alpha-linolenic acid, 27.1%; monounsaturated oleic acid, 14.0%. The sum of unsaturated acids was 94.2%; and that of polyunsaturated ones, 87.2%. Compared with hemp oil, cotton oil had a lesser sum of polyunsaturated (maximum 58.0%) acids, while its unsaturated acids were up to 79.0%. Oleic acid was found to reach 22.7% in cottonseed oil. Industrial cultivation of hemp and cotton in Russia need not be limited to textile fiber production, but may serve as a potential base of vegetable oils and food; just because of their PUFA contents, it is promising for the production of functional food ingredients, which have health benefits in reducing the risk of cancer and cardiovascular diseases, lowering the HDL cholesterol levels, and relaxing the smooth muscle cells in arteries, thus increasing the blood flow. Seed cake may be valuable addition to animal feed rations as well. As a result of the evaluations, valuable accessions (cultivars and lines) of hemp and cotton were identified. Although the selected accessions are not the products of previous breeding efforts aimed at the PUFA content improvement, they are promising source materials for the development of new cultivars with seeds enriched with compounds or sets of compounds that provide a beneficial effect on human health when included in the composition of food products (functional food ingredients).

Key words: polyunsaturated fatty acids, linoleic acid, linolenic acid, functional food.

Введение

Хлопчатник и конопля – широко востребованы в мире как прядильные и масличные культуры. В РФ масла конопли (State Standard GOST 8989-73, 2011) и хлопчатника (State Standard GOST 1128-75, 2011) имеют небольшое торговое предложение, хотя ранее производились в большом количестве. В СССР хлопковое масло широко использовалось населением, поскольку после подсолнечного оно являлось вторым по объему производства (706,5 тыс. т в 1981 г.). В постсоветский период предложение импортируемого хлопкового в условиях открытого рынка было незначительным, а выпуск конопляного масла по объективным причинам резко сократился. Современный ассортимент растительных масел в России весьма узок. Наибольшее торговое предложение имеют оливковое масло и подсолнечное, а такие как соевое, кукурузное, рапсовое и др. представлены менее 4–8% ассортимента (Illarionova, Grigoryev, 2016).

Перспективы культивирования хлопчатника в Астраханской обл., Краснодарском и Ставропольском краях РФ показаны рядом авторов (Grigoryev, 2004; Podolnaya et al., 2015). К возделыванию допущены 10 отечественных сортов, внесенных в государственный реестр (Plant varieties..., 2018).

Промышленная конопля фигурирует в современном промышленном товарообороте РФ, а пищевое масло, получаемое из семян, имеет государственный стандарт (State Standard 8989-73, 2011). Двадцать семь сортов и гибридов конопли допущены к промышленному использованию в РФ (Plant varieties..., 2018). Ведется скрининг источников признаков высокой продуктивности, качества масла и семян для развития селекции культуры (Grigoryev, 2004). Скорейшее восстановление посевных площадей под коноплей в РФ очевидно, поскольку в близлежащих странах Евросоюза в 2017 г. площадь под коноплей для выработки текстиля, семян и масла для функциональных пищевых продуктов (ФПП) и фармацевтических препаратов достигла 33 тыс. га (Small, 2017).

Хлопчатник и конопля актуальны и перспективны в расширении сырьевой базы РФ для получения как текстиля, так и масла, семян в качестве источников ФПП – группы продуктов с высоким содержанием функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ) – физиологически активных, ценных и безопасных для здоровья ингредиентов (State Standard GOST R 52349-2005, 2005), которые обладают свойствами снижения риска развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращающими или восполняющими дефицит питательных веществ. ФПИ обладают способностью оказывать положительный эффект на одну или несколько физиологических функций, влиять на процессы обмена веществ. В числе других в перечне ФПИ – полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК, PUFA), конъюгированные изомеры линолевой кислоты (CLA) и др. Для получения ФПИ, рекомендованы растительные масла с высоким содержанием омега-6 линолевой кислоты, экономически более выгодные, чем иные источники (Laakso et al., 2005; Vahvaselkä, et al., 2018).

ФПП и ФПИ играют значимую роль в здоровом питании. Исследованиями показана взаимосвязь психического состояния и функции пищеварительной системы (Aslam et al., 2018). Психические расстройства, депрессии и раздражительность у человека часто сопутствуют проблемам с кишечником. Обнаружена взаимозависимость воспаления, иммунной активации, дисфункций в гипоталамо-гипофизарно-надпочечной оси, нейротрансмиссивной/нейропептидной дисрегуляции, что обусловлено пробле-

мами диеты и микробиоценоза кишечника. Потенциал позитивной модуляции цепи взаимного влияния «микробиоз кишечника – работа мозга – психическое здоровье» посредством употребления функциональных пищевых продуктов весьма актуален. ФПИ позитивно функционируют в желудочно-кишечном тракте, улучшают микробиологическую среду кишечника, влияют на транслокацию эндотоксинов и последующую иммунную активацию. Например, CLA аналогично метаболитам *Lactobacillus* оказывает разноплановое положительное воздействие на здоровье человека, обладает противовоспалительным, антиокислительным и антиканцерогенным действием (Peng et al., 2018; Roura-Guiberna et al., 2018).

Сообщается (Fontes et al., 2018), что конъюгированные жирные кислоты (CFA) – изомеры линолевой и линоленовой кислот (CLA и CLNA), как и ПНЖК, могут позитивно модулировать процессы воспаления и энергетического метаболизма, способствуя антиканцерогенному и антиоксидантному эффектам. Показано (Li et al., 2018), что ненасыщенные жирные кислоты (ННЖК) – линоленовая, линолевая, олеиновая, докозапентаеновая так же, как и CFA, оказывают позитивное влияние на процессы метаболизма в сердечно-сосудистой системе человека («cardiometabolic health»).

CLA представляет собой группу изомеров линолевой кислоты, из которых биологической активностью обладают два: цис-9, транс-11 и транс-10, цис-12 (Laakso et al., 2005). В тканевых культурах клеток человека CLA способна ингибировать развитие раковых клеток, действуя на различные стадии онкогенеза, многочисленные факторы роста и, возможно, также на метаболизм канцерогенных веществ в печени. Возможно, CLA действует как антиоксидант, защищая клеточные мембраны от негативного действия свободных радикалов. Был исследован эффект снижения холестерина и обнаружено, что соединение не снижает количество «хорошего» липопротеина с высокой плотностью (HDL), как это делают препараты, снижающие уровень холестерина.

Масла сафлора, кукурузы, подсолнечника позиционируются как источники ПНЖК (Vahvaselkä et al., 2018). Семя льна также в числе обсуждаемых источников ФПП в связи с наличием в нем омега-6 (линолевая) и омега-3 (α -линоленовая) жирных кислот, которые эффективны в снижении риска сердечно-сосудистых заболеваний, уровня холестерина, расслаблении гладких мышечных клеток артерий, что увеличивает кровоток. Однако семена льна содержат антиметаболические соединения – линатин, фитиновые кислоты, ингибиторы протеазы и цианогенные гликозиды, что является серьезной проблемой. Клинические исследования показали (Dzuvor et al., 2018), что потребление этих соединений может привести к проблемам усвояемости основных питательных веществ и осложнений у человека и сельскохозяйственных животных. Для безопасного использования семян льна в пищу или животным в корм эти компоненты должны быть удалены или инактивированы до физиологически неопределяемых пределов (Dzuvor et al., 2018; Roulard et al., 2017).

Хлопчатник является не только основным источником текстильного волокна в мире, но и семян. На тонну полученного хлопкового волокна без дополнительных финансовых затрат производится 1,6 т семян в качестве побочного продукта, что является значимым резервом культуры. Ежегодный объем мирового производства хлопковых семян оценивается в 48,5 млн т (Ledbetter, 2019). Производство хлопка также может потенциально обеспечить потребности в белке полмиллиарда человек в год. Лимитом в использовании хлопкового семени может быть антипитательный полифенол госсипол. Однако современные

сорта хлопчатника имеют невысокий его уровень, а процессы производства хлопкового масла и жмыха позволяют практически исключить госсипол из состава конечного продукта (Taghvaei et al., 2015).

Перспективы расширения культивирования промышленных конопли и хлопчатника предполагают создание и расширение разнообразия возделываемых сортов по направлениям практического использования, которое возможно лишь при всесторонней изученности мирового генофонда культур, сосредотачиваемого в коллекциях ВИР. Последнее – основная цель и задача настоящего исследования.

Материалы и методы

Исследован жирнокислотный состав (ЖКС) масла семян образцов конопли *Cannabis sativa* L. каталога ВИР, выращенных в 2014–2015 гг. на научно-производственной базе (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в почвенно-климатических условиях северо-запада Нечерноземья (подзона таежно-лесной зоны), для которых характерен переход морского климата к слабо континентальному. Почвы на полях проведения опытов дерново-подзолистые на моренных суглинках средней окультуренности.

ЖКС масла хлопчатника изучали на семенах образцов линий средневолокнистого и тонковолокнистого хлопчатника видов *Gossypium hirsutum* L., *G. herbaceum* L., *G. barbadense* L. каталога ВИР, выращенных в филиале Адлерская ОС ВИР в Адлерском р-не Краснодарского края РФ в 2014–2015 гг. Климат района влажный субтропический. Почвы в местах возделывания хлопчатника желтоземные бурые лесные (кислые оподзоленные, слабонасыщенные остаточного-карбонатные), местами

бесструктурные, малопродуктивные, с высоким содержанием мелких глинистых фракций.

ЖКС масла семян конопли и хлопчатника изучали с помощью газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрией на хроматографе Agilent 6850 (США). Подготовку проб проводили по методикам, принятым в ВИР (Ермаков, 1972). Метилловые эфиры ЖК разделяли на колонке Omegawax ТМ 250, США (30,0 м, 250,00 мкм, 0,25 мкм), программа нагрева: от +170°C до +220°C, скорость 3°C/мин, температура детектора +250°C, скорость гелия 1,5 мл/мин. Полученные результаты обрабатывались с помощью программ UniChrom и AMDIS.

Результаты и обсуждение

Содержание омега-6 линолевой кислоты в масле конопли исследованных образцов варьировало от 53,4% (к-355) до 64,2% (к-109). Высокое содержание (62,0–63,0%) было также обнаружено у образцов к-390 и к-510 (табл. 1).

Содержание омега-3 альфа-линоленовой триненасыщенной кислоты в минимуме составило 12,6% (к-390) и достигало максимума 18,7–27,1% у образцов к-429, к-581 и к-355. Масло образцов конопли также содержит гамма-линоленовую кислоту в количествах от минимального 0,6% (к-510) до 3,7–5,1% у образцов к-148, к-355, к-362.

Масло конопли имеет в своем составе уникальную тетраенасыщенную стеаридониковую кислоту, которая не встречается в иных растительных маслах промышленных масличных культур. Количество ее варьирует от 0,4% (к-510) до 3,0% (к-355).

Максимальное содержание мононенасыщенной олеиновой кислоты в масле образцов конопли составило 12,4–14,0% (к-460, к-362).

Таблица 1. Содержание ненасыщенных жирных (НЖК) кислот в масле семян образцов конопли. Репр. НПБ Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР, 2014–2015 гг. (не приведены кислоты с минорным содержанием)

Table 1. Content of unsaturated fatty acids in seed oil of hemp accessions. Repr.: Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR, 2014–2015 (some acids with minor content omitted)

№ каталога ВИР	Название, происхождение	Жирные кислоты						
		18:11	18:22	α-18:33	γ-18:34	18:45	Σu.s.6	Σp.u.s.7
109	Проскуровский	9,9	64,2	14,9	1,7	0,6	89,2	81,3
148	Местная, Алтай	8,8	59,6	14,1	5,1	1,3	89,4	80,0
355	Местная, Мари	5,9	53,4	27,1	3,7	3,0	94,2	87,2
362	Местная, Удмуртия	14,0	56,0	13,6	4,0	1,0	89,2	74,5
390	ЛКСД, Польша	10,6	62,0	12,6	2,5	1,0	89,2	78,1
429	ЮСО 1	9,0	56,5	18,7	3,7	1,7	90,2	80,6
460	ЮСО 4	12,4	60,8	15,1	1,1	0,7	90,8	77,8
496	ЮСО 12	12,2	60,8	14,8	1,7	1,0	91,1	78,3
506	ЮСО 22	9,7	57,1	18,7	2,5	1,4	90,2	79,7
510	Днепровская 4	10,6	63,0	16,7	0,6	0,4	91,8	80,7
581 (st.)	Сурская, РФ	8,8	57,5	19,4	2,3	1,3	89,8	80,4
	НСР ₀₅	1,7	1,4	2,1	0,7	0,1	–	–

Примечания: 1 – олеиновая, 2 – линолевая (омега-6), 3 – альфа-линоленовая (омега-3), 4 – гамма-линоленовая (омега-3), 5 – стеаридониковая (омега-3), 6 – сумма ненасыщенных кислот, 7 – сумма полиненасыщенных кислот, st. – стандарт
Notes: 1 – oleic; 2 – linoleic (omega-6); 3 – alpha-linolenic (omega-3); 4 – gamma-linolenic (omega-3); 5 – stearidonic (omega-3); 6 – sum of unsaturated acids; 7 – sum of polyunsaturated acids; st. – reference

Общая сумма НЖК масла конопли у изученных образцов достигает 91,8–94,2% (к-355, к-510), а сумма ПНЖК – 81,3–87,2% (к-109, к-355).

В сравнении с конопляным, масло хлопчатника изученных образцов характеризуется меньшей суммой ПНЖК (табл. 2). Максимальное количество (54,0–58,0%) обнаружено у образцов и-0159127 и и-0159125. Максимум суммы НЖК (76,0–79,0%) отмечен у этих же образцов.

Из списка мононенасыщенных кислот хлопкового масла у изученных образцов хлопчатника доминирует олеиновая кислота, максимум содержания которой был зафиксирован у и-0159124 и и-0159127 (21,1 и 22,7%). Из мононенасыщенных также найдены пальмитинолеиновая, вакценовая и эйкозеновая кислоты, концентрация каждой из которых варьирует от 0,3% ('Михайловский') до максимальной 1,0–1,2% у образцов и-0159126 (Тямин) и и-0159127 (Тутум).

У изученных образцов хлопчатника содержание ди-

ненасыщенной омега-6 линолевой кислоты в масле было ниже, чем в конопляном: максимум в 57,7% отмечен у образца и-0159123 (Войтенок ФРТ). Концентрация омега-3 линоленовой кислоты (см. табл. 2) изменяется от 0,1% (Тутум) до максимума 1,1% у и-0159124 (Аболин ЦФН).

В различных почвенно-климатических зонах РФ существует промышленное производство конопли. Показана возможность промышленного возделывания хлопчатника различных ботанических видов, дающих в условиях юга страны хорошие урожаи хлопка-сырца и волокна с различными физико-механическими параметрами от I типа (тонковолокнистый хлопчатник), до VI–VII типа (относительно короткое, но прочное и несминаемое) (Grigoryev, 2004; Rodolnaya et al., 2015). В отделяемых при получении волокна семенах хлопчатника содержится масло, которое суммарно имеет до 58% полиненасыщенных и до 80% ненасыщенных жирных кислот, среди которых основные – линолевая (до 58,0 %) и олеиновая (до 23,0%) кислоты (см. табл. 2).

Таблица 2. Содержание ненасыщенных жирных кислот в масле семян образцов хлопчатника. Репр. Адлерская ОС ВИР, 2014–2015 гг.

Table 2. Content of unsaturated fatty acids in seed oil of cotton accessions. Repr. Adler Experiment Station of VIR, 2014–2015

Образец		Жирные кислоты							
№ интродукционного каталога ВИР	Название, вид	16:1 ¹	18:1 ²	18:1c11 ³	18:2 ⁴	18:3 ⁵	20:1 ⁶	Σu.s. ⁷	Σp.u.s. ⁸
0159124	Аболин ЦФН*	0,5	21,1	0,5	50,4	1,1	0,6	74,0	52,0
0159123	Войтенок ФРТ*	0,5	16,2	0,5	57,7	0,2	0,8	76,0	58,0
0159125	Кумбазик Марон*	0,6	18,7	0,5	51,7	0,2	0,6	73,0	52,0
0159127	Тутум**	1,0	22,7	0,4	53,4	0,1	1,2	79,0	54,0
0159126	Тямин***	0,6	17,3	0,4	55,0	0,2	1,0	75,0	56,0
-	Михайловский* (st.)	0,6	20,8	0,3	56,9	0,2	0,8	80,0	57,0
НСР ₀₅		0,2	2,1	0,2	1,5	0,02	0,3	-	-

Gossypium hirsutum* L.; *G. herbaceum* L.; ****G. barbadense* L.

Примечания. 1 – пальмитинолеиновая, 2 – олеиновая, 3 – вакценовая, 4 – линолевая (омега-6), 5 – линоленовая (омега-3), 6 – эйкозеновая, 7 – сумма ненасыщенных, 8 – сумма полиненасыщенных кислот; st. – стандарт.

Notes: 1 – palmitoleic; 2 – oleic; 3 – vaccenic; 4 – linoleic (omega-6); 5 – linolenic (omega-3); 6 – eicosenoic; 7 – sum of unsaturated acids; 8 – sum of polyunsaturated acids; st. – reference

Созданные в ВИР линии хлопчатника с естественно разноокрашенным волокном, являются ценным селекционным материалом для создания отечественных сортов для промышленного производства текстильного волокна, пищевого растительного масла и жмыхов, которые в силу высокого содержания ПНЖК и НЖК являются ценными источниками получения ФПИ для расширения разнообразия и обогащения продуктов питания и кормовых рационов. Проведенные исследования создают биологическую основу для производства текстильных изделий и растительных масел в РФ, как это было в бывшем СССР на конец 1980-х.

Уникальность разнообразия агроклиматических зон

РФ может позволить налаживать производство широкого спектра как текстильного сырья, так и ценных продуктов питания. Из приведенных данных видно, что растительное масло, получаемое из семян культур (например, конопли) более северных регионов, характеризуется жирными кислотами большей степени непредельности (ненасыщенности). Образцы семян конопли, выращенных на Северо-Западе, содержат масло с большим количеством ненасыщенных жирных кислот – до 94%, что является весьма ценным для производства ФПИ. Основные кислоты масла конопли – омега-6 линолевая (более 64%) и омега-3 альфа-линоленовая (более 27%).

Заклучение

В результате проведенных исследований ПНЖК и НЖК масла образцов семян хлопчатника и конопли были выделены образцы конопли к-109 ('Проскуровский'), к-355 (местная, Мари) с высоким содержанием линолевой (более 64%), альфа-линоленовой (более 27%); к-148 (местная, Алтай) – гамма-линоленовой (более 5%) кислот. Общее содержание ПНЖК превышает 94%, а НЖК – 87% (к-355).

Среди изученных образцов хлопчатника образец и-0159123 (Войтенко ФРТ) обладает высоким содержанием линолевой кислоты (58%), суммой ПНЖК 58% и суммой НЖК 76%. Образец и-0159127 (Тутум) относится к виду *Gossypium herbaceum*, который обладает толерантностью к вредителям и адаптирован к низким поливным нормам. В хлопкосеющих районах мира сорта этого вида возделываются в условиях аридного земледелия на почвах с низким уровнем плодородия. Исследования показали, что семена образца и-0159127 (Тутум) имеют масло с высоким содержанием олеиновой кислоты (23%) и общей суммой НЖК (79%). Образец и-0159126 (Тямин) относится к виду *G. barbadense* (тонковолокнистый хлопчатник с качественным волокном I типа). Масло семян этого образца имеет 55% линолевой кислоты при общей сумме ПНЖК 56%.

Таким образом, промышленное возделывание конопли и хлопчатника в различных почвенно-климатических зонах России позволит получать сырье для текстильной, пищевой и масложировой промышленности страны. Известно, что в питании человека и кормлении животных необходимо разнообразие пищевых жиров. Биологическая ценность растительных масел определяется, прежде всего, содержанием полиненасыщенных жирных кислот. Семена, масло конопли, масло хлопчатника, благодаря содержанию в них ПНЖК и НЖК, могут быть источниками ФПИ, эффективных в снижении риска развития рака и сердечно-сосудистых заболеваний, снижении уровня холестерина. Вещества могут положительно влиять на микробиоценоз кишечника, быть ценными добавками в корма сельскохозяйственных животных, что может улучшить жирнокислотный состав, нормализовать содержание холестерина и биологически активных соединений в товарном мясе.

По результатам исследований выделены образцы конопли и хлопчатника – сорта и линии с высоким содержанием ненасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот. Необходимо отметить, что выделенные образцы культур не являются результатом селекционной работы, направленной на улучшение жирнокислотного состава масла. Привлечение выделенных в результате наших исследований образцов в селекцию на качество будет способствовать созданию новых сортов конопли и хлопчатника с ценным для пищевой индустрии и кормопроизводства биохимическим составом.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2019-0001 «Коллекция масличных и прядильных культур ВИР (изучение и расширение генетического разнообразия масличных и прядильных культур)».

Авторы выражают искреннюю благодарность доктору биол. наук, проф. А. В. Конареву за ценные рекомендации, сделанные в ходе проведения исследований.

References/Литература

- Aslam H., Green J., Jacka F. N., Collier F., Berk M., Pasco J., Dawson S. L. Fermented foods, the gut and mental health: a mechanistic overview with implications for depression and anxiety. *Nutr. Neurosci.* 2018;11:1-13. DOI: 10.1080/1028415X.2018.1544332
- Dzuvor C.K., Taylor J.T, Acquah C., Pan S., Agyei D. Bioprocessing of functional ingredients from flaxseed. *Molecules.* 2018;23(10):2444. DOI: 10.3390/molecules23102444
- Ermakov A.I. (ed.). Methods of biochemical research of plants (Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy). Leningrad: Kolos; 1972. p.216-218. [in Russian] (Методы биохимического исследования растений / под ред. Ермакова А.И., Л.: Колос; 1972. С.216-218).
- Fontes A.L., Pimentel L., Rodríguez-Alcalá L.M., Gomes A. Effect of PUFA substrates on fatty acid profile of *Bifidobacterium breve* Ncimb 702258 and CLA/CLNA production in commercial semi-skimmed milk. *Sci. Rep.*, 2018;8(1):155-191. DOI: 10.1038/s41598-018-33970-2
- Grigoryev S.V. Cotton cultivars developed in Russia (Khlopchatnik rossiyskoy selektsii). *Direktor = Director.* 2004;6:31-32. [in Russian] (Григорьев С.В. Хлопчатник российской селекции. *Директор.* 2004;6:31-32).
- Grigoryev S.V. Prospects for industrial hemp in Russia (Perspektivy kultury konopli v Rossii). *Director.* 2004;9:34-37. [in Russian] (Григорьев С.В. Перспективы культуры конопли в России. *Директор.* 2004;9:34-37).
- Ilarionova K.V., Grigoryev S.V. The structure of assortment of vegetable oil in local market of RF (Struktura assortimenta rastitelnykh masel po vidam syrya v RF). In: *Innovative Technologies in Industry: the Basis for Improving the Quality, Competitiveness and Safety of Consumer Goods (Innovatsionnye tekhnologii v promyshlennosti – osnova povysheniya kachestva, konkurentosposobnosti i bezopasnosti potrebitelskikh tovarov)*. 2016. p.137-140 [in Russian] (Илларионова К.В., Григорьев С.В. Структура ассортимента растительных масел по видам сырья в РФ. В сб.: *Инновационные технологии в промышленности – основа повышения качества, конкурентоспособности и безопасности потребительских товаров*. 2016. С.137-140).
- Laakso S., Lehtinen P., Vahvaselkä M. Process for preparing conjugated linoleic acid. EP1495126A1. Application 2005-01-12. C12P7/6427.
- Ledbetter K. Edible cottonseed research receives USDA approval. *The Austr. Cottongrower.* 2019;39(7):24-26.
- Li K., Sinclair A., Zhao F., Li D. Uncommon fatty acids and cardiometabolic health. *Nutrients.* 2018;10(10):1559. DOI: 10.3390/nu10101559
- Peng M., Tabashsum Z., Patel P., Bernhardt C., Biswas D. Linoleic acids overproducing *Lactobacillus casei* limits growth, survival, and virulence of *Salmonella typhimurium* and enterohaemorrhagic *Escherichia coli*. *Front Microbiol.*, 2018;9:26-63. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02663
- Plant varieties included in the State Register of Breeding Achievements Approved for Use (as of Nov. 02, 2018). Available from: <http://reestr.gossort.com/reestr/culture/134> (accessed Nov. 07, 2018). [in Russian] (Сорта растений, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (на 02.11.2018). Доступно по: <http://reestr.gossort.com/reestr/culture/134> (дата обращения 07.11.2018).

- Podolnaya L.P., Grigoryev S.V., Illarionova K.V., Asfandiyarova M. Sh., Tuz R.K., Hodzhaeva N.A., Miroshnichenko E.V. Cotton in Russia. Actuality and prospects (Khlopchatnik v Rossii. Aktualnost i perspektivy). *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in the Agroindustrial Complex*. 2015;29(7):56-58. [in Russian] [Подольная Л.П., Григорьев С.В., Илларионова К.В., Асфандиярова М.Ш., Туз Р.К., Ходжаева Н.А., Мирошниченко Е.В. Хлопчатник в России. Актуальность и перспективы. *Достижения науки и техники АПК*. 2015;29(7):56-58].
- Roulard R., Fontaine J. X., Jamali A., Cailleu D., Tavernier R., Guillot X., Rhazi L., Petit E., Molinie R., Mesnard F. Use of qNMR for speciation of flaxseeds (*Linum usitatissimum* L.) and quantification of cyanogenic glycosides. *Anal. Bioanal. Chem.* 2017;409(30):7011-7026. DOI: 10.1007/s00216-017-0637-7
- Roura-Guiberna A., Hernandez-Aranda J., Ramirez-Flores C.J., Mondragon-Flores R., Garibay-Nieto N., Queipo-Garcia G., Laresgoiti-Servitje E., Soh J.W., Olivares-Reyes J.A. Isomers of conjugated linoleic acid induce insulin resistance through a mechanism involving activation of protein kinase C ϵ in liver cells. *Cell Signal.* 2018;53:281-293. DOI: 10.1016/j.cellsig.2018.10.013
- Small E. Classification of *Cannabis sativa* in relation to agricultural, biotechnological, medical and recreational utilization *Cannabis sativa* L.: botany and biotechnology. Berlin; 2017.
- State Standard GOST 1128-75. Refined cotton oil. Specifications (Maslo khlopkovoye rafinirovannoye. Tekhnicheskiye usloviya). Moscow: Standartinform; 2011. [in Russian] [ГОСТ 1128-75. Масло хлопковое рафинированное. Технические условия. М.: Стандартиформ; 2011].
- State Standard GOST 8989-73. Hempseed oil. Specifications (Maslo konoplyanoye. Tekhnicheskiye usloviya). Moscow: Standartinform; 2011. [in Russian] [ГОСТ 8989-73. Масло конопляное. Технические условия. М.: Стандартиформ; 2011].
- State Standard GOST R 52349-2005. Foodstuffs. Functional foods. Terms and definitions (Produkty pishchevye. Produkty pishchevye funktsionalnyye. Terminy i opredeleniya). Moscow: Standartinform; 2005. [in Russian] [ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. М.: Стандартиформ; 2005].
- Taghvaei M., Jafari S.M., Nowrouzieh S., Alishah O. The influence of cooking process on the microwave-assisted extraction of cottonseed oil. *J. Food Sci. Technol.* 2015;52(2):1138-1144. DOI: 10.1007/s13197-013-1125-5
- Vahvaselkä M., Merya-Mäkinen A., Suomalainen T., Laakso S., Rajinio A., Tyunkkunen S. The method of obtaining conjugated linoleic acid. C12P7/64 FindPatent.ru, 2012-2018. Available from: <http://www.findpatent.ru/patent/226/2265664.html> (accessed Dec. 01, 2018). [in Russian] [Вахваселькя М., Мярря-Мякинен А., Суомалайнен Т., Лааксо С., Райнио А., Тюнккюнен С. Способ получения конъюгированной линолевой кислоты. C12P7/64. FindPatent.ru, 2012-2018. Доступно по: <http://www.findpatent.ru/patent/226/2265664.html> (дата обращения 01.12.2018)].

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования/How to cite this article

Григорьев С.В., Шеленга Т.В., Илларионова К.В. Масла конопля и хлопчатника образцов коллекции ВИР как источник функциональных пищевых ингредиентов. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции 2019;180(2):38-43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-38-43

Grigoryev S.V., Shelenga T.V., Illarionova K.V. Hempseed and cottonseed oils in the accessions from the VIR collection as sources of functional food ingredients. Proceedings on applied botany, genetics and breeding 2019;180(2):38-43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-38-43

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-38-43>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the author, and his or her employer

Все авторы одобрили рукопись/All authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest