

4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

УДК: 635.6; 581.192

DOI: 10.34736/FNC.2023.121.2.006.34-40

## Жирнокислотный состав масла и семян бамии (*Abelmoschus esculentus* Moench), выращенной в Северо-Кавказском и Южном федеральных округах России

Ксения Викторовна Илларионова<sup>✉1</sup>, к.т.н., доцент, e-mail: elkv@mail.ru; ORCID: 0000-0002-2563-6094

Виктор Максимович Галаганов<sup>1</sup>, ORCID: 0000-0001-9373-2005

Татьяна Васильевна Шеленга<sup>2</sup>, к.б.н., ORCID: 0000-0003-3992-5353

Сергей Владимирович Григорьев<sup>2</sup>, к.с.-х.н., ORCID: 0000-0001-7670-4360

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский Политехнический университет им. Петра Великого,  
ул. Политехническая 29, г. Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>ФГБНУ ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР),  
ул. Б. Морская 42,44, г. Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** Бамия – популярная в ряде стран овощная культура. Использование ее в России как сырья имеет перспективу получения продукта с комплексом соединений, эффективных в снижении сердечно-сосудистых заболеваний, уровня холестерина, модулировании ряда ключевых биологических функций энергетического метаболизма у человека. Цель работы – изучение состава жирных кислот (ЖК) образцов масла и семян бамии (*Abelmoschus esculentus*), выращенных в условиях Северо-Кавказского и Южного ФО России. Новизну исследований составляют полученные данные по составу биологически активных ЖК семян и масла, оценка общего влияния суммарной климатической разницы указанных регионов на эти показатели. Изучение ЖК профиля проводили с помощью газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрией на хроматографе Agilent 6850. Результаты обрабатывались с помощью UniChrom и AMDIS. Установлено, что содержание суммы ненасыщенных кислот масла составило 67,67%, что превышает в два раза сумму насыщенных ЖК, а сумма полиненасыщенных жирных кислот – на уровне 37,31%. Возделывание в условиях переходного от умеренно-морского к субтропическому полусухому климату, способствует накоплению суммы ненасыщенных ЖК масла и незначительному увеличению доли биологически ценных полиненасыщенных. В случае континентального полусухого климата в масле семян увеличивается доля насыщенных ЖК, снижается сумма ненасыщенных, незначительно снижается сумма полиненасыщенных и мононенасыщенных ЖК. В условиях локации выращивания с континентальным полусухим климатом юга России в семенах бамии синтезировалось больше свободных ненасыщенных ЖК – линолевой,  $\alpha$ -линоленовой,  $\gamma$ -линоленовой и олеиновой кислот, чем в точке с переходным от умеренно-морского к субтропическому полусухому. Выделен образец бамии с высоким содержанием ненасыщенных и полиненасыщенных ЖК с выраженными антиоксидантными свойствами.

**Ключевые слова:** бамия, полиненасыщенные жирные кислоты (ЖК), свободные ЖК семян,  $\omega$ -6 линолевая ЖК,  $\omega$ -3  $\alpha$ -линоленовая ЖК,  $\omega$ -6  $\gamma$ -линоленовая ЖК, антиоксиданты.

**Финансирование.** Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках ФНТП развития генетических технологий на 2019 – 2027 гг., проект №075-15-2021-1050.

**Цитирование.** Илларионова К.В., Галаганов В.М., Шеленга Т.В., Григорьев С.В. Жирнокислотный состав масла и семян бамии (*Abelmoschus esculentus* Moench), выращенной в Северо-Кавказском и Южном федеральных округах России // Научно-агрономический журнал. 2023. 2(121). С. 34-40. DOI: 10.34736/FNC.2023.121.2.006.34-40

Поступила в редакцию: 05.05.2023

Принята к печати: 13.06.2023

**Введение.** Бамия (*Abelmoschus esculentus* Moench) культивируется как в тропической, так и в умеренной зонах, распространена в странах Средиземноморского бассейна, Америки [11] и Африки. Культура представляет интерес как источник растительного белка в условиях юго-востока Украины [3]. В Астраханской обл. России созревание семян наступает после 120 суток вегетации [2], которые могут использоваться для производства восточной сладости «бамия» [1].

В питательном отношении самой богатой частью бамии являются высушенные семена. Масло из семян бамии употребляется в пищу, а остаточ-

ная мука после экстракции масла богата белком. По данным исследователей, средние значения диапазона содержания (%) белка, жира, золы, клетчатки и сахара в семенах составило 42,14–38,10, 31,04–17,22, 4,06–3,42, 3,45–3,60 и 8,82–8,65 соответственно. Отмечено, что антиоксидантная активность семян значимо увеличивалась при температурной обработке семян (обжаривании). Усвояемость *in vitro* показала [4], что большая часть антиоксидантной активности была доступна в кишечной фазе желудочно-кишечного тракта. Ряд зарубежных исследователей отмечает, что семена бамии могут явиться источником белка,

жира и антиоксидантов [5]. Предварительная обработка замачиванием и бланшированием привела к повышению выхода белка. Антиоксидантная активность повышалась при замачивании семян. Семена также демонстрировали противовоспалительную, иммуномодулирующую, антибактериальную, противораковую, противодиабетическую и нейрофармакологическую активность. Кроме того, бамия обладает гипополипидемической, ингибирующей трипсин, гемагглютинирующей и антиадгезивной активностью. Плоды и семена хорошо переносятся при употреблении в пищу людьми и при скармливании животным [8].

Цель работы – изучение жирнокислотного состава масла и ряда биологически активных свободных жирных кислот семян бамии пищевого назначения использования, выращенных в Северо-Кавказском и Южном федеральных округах России.

**Материал и методы.** Для изучения было использовано 4 оригинальных местных образца семян бамии (*Abelmoschus esculentus* Moench), выращенных в 2022 г. на юге России, таблица 1.

В Северо-Кавказском ФО семена были получены малым фермерским хозяйством в Республике

Дагестан в условиях переходного от умеренно-морского к субтропическому полусухому климата на луговых каштановых почвах при трех поливах напуском воды по бороздам. Средняя температура вегетационного периода составила +21,2°C, среднемесячное количество осадков – 31,0 мм. Средние температуры достигали своего максимума в августе (+23,7°C).

Эти же образцы были выращены в Астраханской обл. Южного ФО РФ в Лиманском районе Астраханской области на пойменных луговых почвах. Полив дождеванием проводился в объеме не более 3500 м<sup>3</sup>/га воды. Климат региона полусухой – характерный для физико-географической зоны полупустыни. Среднемесячная температура вегетационного периода составила +21,3°C, осадков – 22,3 мм. Средние температуры суток достигали максимума в июле – +32,7°C. Посев образцов бамии проводился вручную по гребням борозд в 3 декаде мая по схеме 90 x 20-1 (одно растение) на глубину 1,5-2 см. Образцы семян были собраны вручную в середине сентября, пассивно высушивались в течение двух месяцев в специально оборудованном сушильном помещении при температуре +20°C и относительной влажности воздуха 17-19%.

Таблица 1. Материал исследований. Образцы бамии *Abelmoschus esculentus* Moench – источники семян, 2022 г.

№	№ инт.	Название	Происхождение
1	642009	Местная	Дербентский р-н, Республика Дагестан
2	642010	Местная	Дербентский р-н, Республика Дагестан
3	642011	Местная	Лиманский р-н, Астраханская обл.
4	642012	Местная	Лиманский р-н, Астраханская обл.

Жирнокислотный состав ЖКС масла семян бамии изучали с помощью газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрией. Пробоподготовку проводили в соответствии с методиками (*Методы биохимического исследования растений (под ред. А. И. Ермакова). Л.: Колос, 1972. С. 216–218*).

Содержание свободных ЖК в семенах бамии определяли с использованием метаболомного подхода в изучении, согласно опубликованной методике [7]. Идентификацию метаболитов обрабатывали с помощью AMDIS (автоматическая система масс-спектральной идентификации). Количественный анализ профилей метаболитов проводили путем расчета площадей суммарных ионных пиков методом внутреннего стандарта с использованием программного обеспечения UniChrom и масс-спектральной библиотеки NIST версии 2.0. Относительное содержание биохимических компонентов выражается в ppm (мкг/г) в сухом веществе. Данные содержания ЖКС обрабатывали с использованием статистического пакета. Достоверные отличия средних показателей изученных признаков у образцов семян установлены при 95% уровне значимости с помощью однофакторного дисперсионного анализа.

**Результаты и обсуждение.** Проведенный анализ жирнокислотного состава масла семян бамии всех указанных мест выращивания показал, что наибольшее содержание приходится на диненасыщенную ω6 линолевою, монопенасыщенную ω9 олеиновую и насыщенную пальмитиновую кислоты (35,14; 28,79 и 25,29% соответственно), табл. 2. Биологически активной с тремя двойными связями ω3 α-линоленовой кислоты в масле содержится 2,14%. Исследованиями установлено, что содержание суммы физиологически ценных ненасыщенных кислот масла составило 67,67%, что превышает в два раза сумму насыщенных ЖК. А сумма полиненасыщенных жирных кислот масла семян бамии с выраженной биологической активностью на уровне 37,31%.

Возделывание бамии в двух локациях юга России, различающихся по типу климата, влияет на формирование жирнокислотного состава масла семян. В случае континентального полусухого климата, в масле семян увеличивается доля насыщенных ЖК (рис. 1 А), снижается сумма ненасыщенных ЖК (рис.1 Г), незначительно снижается сумма полиненасыщенных (рис.1 В) и монопенасыщенных ЖК (рис. 1 Б), повышается содержание

лауриновой (рис.1 Д) и пальмитолеиновой ЖК (рис.1 Е). Очевидно, что климат места выращивания семян в Дагестане – переходный от умеренно-морского к субтропическому полусухому – может способствовать накоплению суммы ненасыщенных ЖК масла и незначительному увеличению

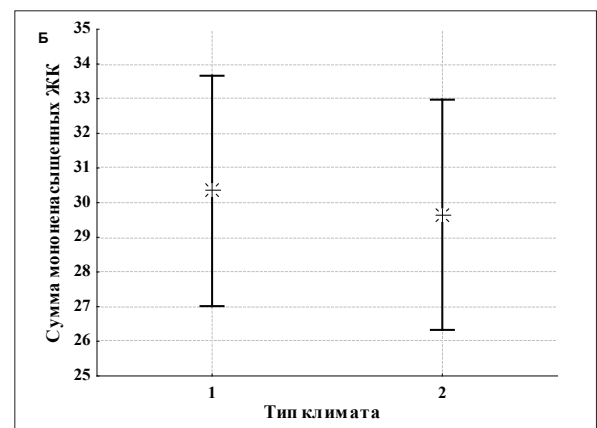
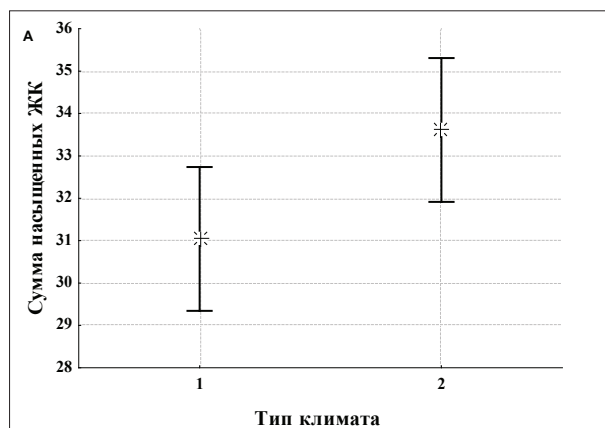
доли полиненасыщенных, что определяет повышенную биологическую ценность бамии.

Из литературных данных известно, что ненасыщенные ЖК обладают выраженным кардиопротекторным эффектом, являются предшественниками различных классов противовоспалительных эйкозаноидов [9; 12].

Таблица 2. Содержание жирных кислот (ЖК) в порядке убывания средних значений в масле исследованных образцов семян бамии (*Abelmoschus esculentus* Moench), %, Урожай 2022 г.

	Жирные кислоты	X	Min	Max	SD
1	Линолевая	35,14	21,76	40,88	4,09
2	Олеиновая	28,79	24,07	50,51	5,37
3	Пальмитиновая	25,29	17,92	29,85	2,63
4	Стеариновая	4,56	3,55	5,91	0,62
5	α-Линоленовая	2,14	0,83	7,38	1,23
6	Вакценовая	1,07	0,67	2,17	0,33
7	Монтановая	0,87	0,31	1,99	0,45
8	Арахидиновая	0,7	0,57	0,86	0,08
9	Бегеновая	0,5	0,18	4,4	0,84
10	Пальмитолеиновая	0,37	0,20	0,53	0,08
11	Лауриновая	0,17	0,12	0,24	0,04
12	Эйкозеновая	0,13	0,08	0,27	0,05
13	Лигноцериновая	0,11	0,04	0,25	0,05
14	Церотиновая	0,06	0,00	0,38	0,09
15	Маргаритиновая	0,04	0,01	0,14	0,04
16	Миристиновая	0,02	0,01	0,24	0,05
17	Эйкозодиеновая	0,02	0,00	0,42	0,09
Сумма насыщенных ЖК		32,33	25,27	37,47	3,07
Сумма моненасыщенных ЖК		29,99	25,68	51,86	5,44
Сумма полиненасыщенных ЖК		37,31	22,62	43,31	4,22
Сумма ненасыщенных ЖК		67,67	62,53	74,73	3,07

Примечание: X – среднее арифметическое; Min – минимальное значение; Max – максимальное значение; SD – стандартное отклонение.



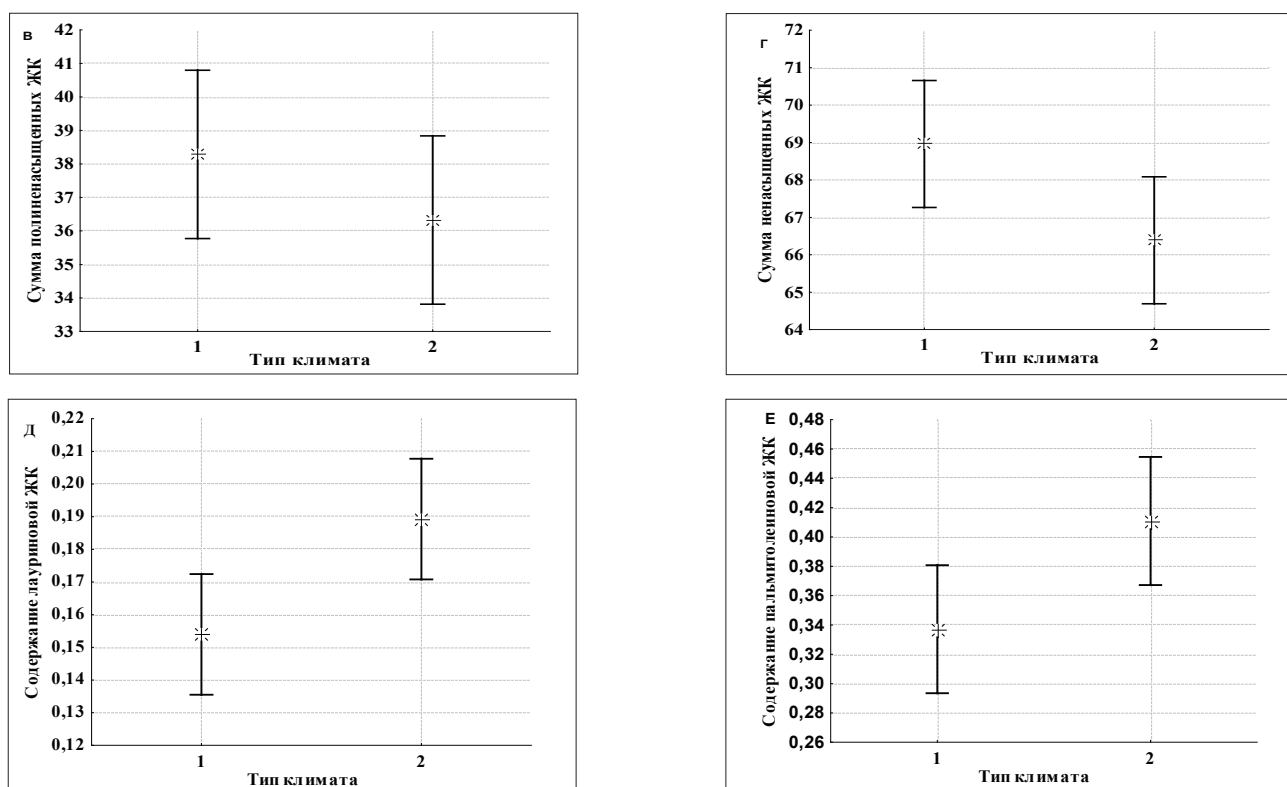


Рисунок 1. Влияние зоны выращивания растений бамии (*Abelmoschus esculentus* Moench) на содержание жирных кислот (ЖК) в масле семян. А – сумма насыщенных ЖК, Б – сумма мононенасыщенных ЖК, В – сумма полиненасыщенных ЖК, Г – сумма ненасыщенных ЖК, Д – сумма лауриновой ЖК, Е – сумма пальмитолеиновой ЖК. Тип климата Юга РФ: 1 – переходный от умеренно-морского к субтропическому полусухому, 2 – континентальный полусухой. Средние значения (%),  $\pm 0,95$  SD,  $p=0,04$

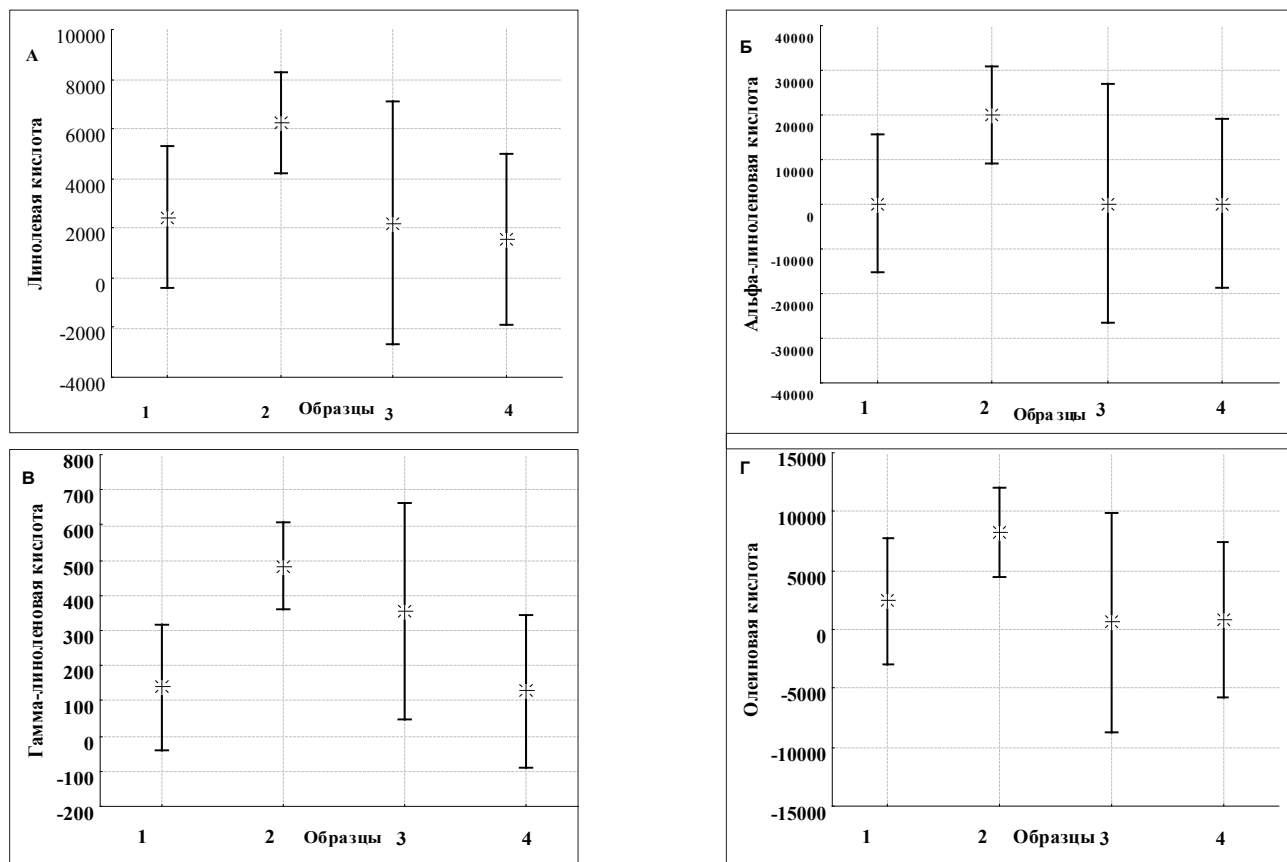


Рисунок 2. Содержание некоторых биологически активных свободных жирных кислот в семенах образцов бамии (*Abelmoschus esculentus* Moench), средние значения (ppm),  $\pm 0,95$  SD,  $p=0,04$ . А – линолевая, Б –  $\alpha$ -линоленовая, В –  $\gamma$ -линоленовая, Г – олеиновая ЖК

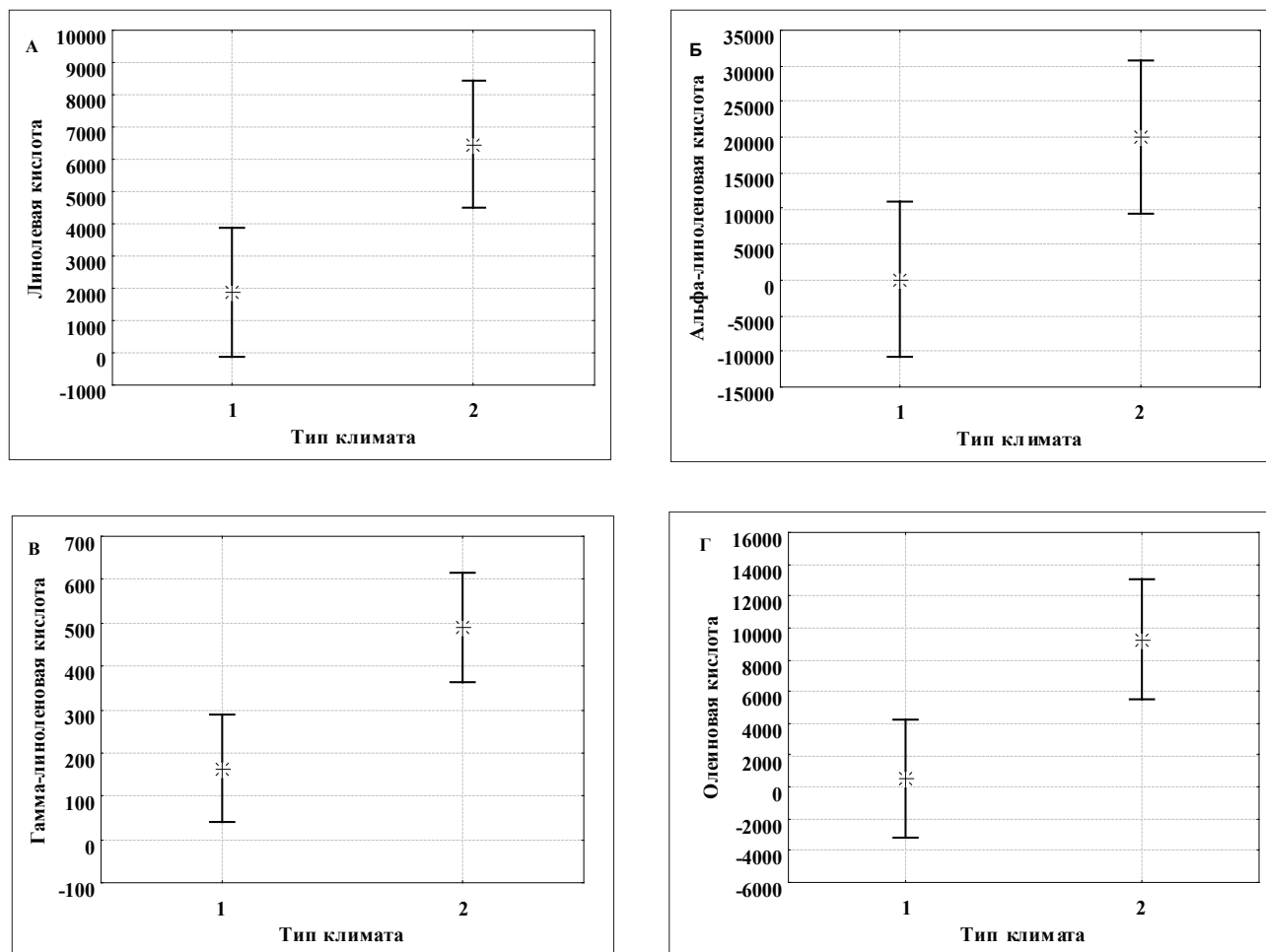


Рисунок 3. Влияние зоны выращивания растений бамии (*Abelmoschus esculentus* Moench) на содержание некоторых биологически активных свободных жирных кислот в семенах, средние значения (ppm),  $\pm 0,95$  SD,  $p=0,01$ .

А – линолевая, Б –  $\alpha$ -линоленовая, В –  $\gamma$ -линоленовая, Г – олеиновая.

Тип климата Юга РФ: 1 – переходный от умеренно-морского к субтропическому полусухому, 2 – континентальный полусухой

Методом анализа метаболомного профиля свободных жирных кислот семян бамии было установлено, что изученные образцы отличаются по содержанию ряда биологически активных ЖК, рисунок 2. Так, среди изученных образцов по содержанию диненасыщенной  $\omega$ -6 линолевой ЖК (рисунок 2 А), содержанию  $\omega$ -3  $\alpha$ -линоленовой ЖК (рисунок 2 Б),  $\omega$ -6  $\gamma$ -линоленовой (рисунок 2 В) и моненасыщенной олеиновой ЖК (рисунок 2 Г) выделился образец 2.

Как показали проведенные нами исследования, тип климата локации, в котором были выращены образцы растений бамии, значимо влияет на содержание в семенах биологически активных ненасыщенных свободных ЖК. В данных условиях выбранного места выращивания семян с континентальным полусухим климатом юга России, в семенах бамии синтезировалось значимо больше ненасыщенных ЖК – линолевой,  $\alpha$ -линоленовой,  $\gamma$ -линоленовой и олеиновой кислот, чем в точке с переходным от умеренно-морского к субтропическому полусухому, рисунок 3. Из опубликованных

данных литературы известно, что свободные жирные кислоты, присутствующие в пище, не только действуют как жизненно важные питательные вещества, но и функционируют как сигнальные молекулы и модулируют ключевые биологические функции благодаря их активному участию во множестве путей энергетического метаболизма у человека [6; 10].

**Заключение.** Проведенный анализ состава масла семян бамии, выращенной в двух локациях юга РФ показал, что значения сумм насыщенных, полиненасыщенных, ненасыщенных и моненасыщенных кислот варьируют в пределах 7,1 %. Образцы разных регионов выращивая могут отличаться по содержанию отдельных жирных кислот. Масло семян, выращенных в Дагестане (локация с переходным от умеренно-морского к субтропическому полусухому климату), имеет повышенное содержание эйкозеновой,  $\alpha$ -линоленовой и церотиновой жирных кислот. Масло семян из Астраханской обл. (локация с континентальным полусухим климатом) несет в себе больше

монтановой, лауриновой и пальмитолеиновой кислот. Вместе с тем подавляющую долю жирных кислот в масле семян бамии, выращенной на юге РФ, составляют линолевая, пальмитиновая и олеиновая. Показано, что климат влияет на содержание ряда свободных жирных кислот в составе семян бамии. В семенах, полученных в локациях с континентальным полусухим климатом юга России, синтезировалось значительно больше ненасыщенных ЖК – линолевой,  $\alpha$ -линоленовой,  $\gamma$ -линоленовой и олеиновой кислот, чем в точке с переходным от умеренно-морского к субтропическому полусухому. Особенности жирнокислотного состава масла и семян бамии из регионов юга РФ предполагает возможность использования культуры в качестве сырья для биологически ценных, инновационных продуктов питания с учетом благоприятных климатических особенностей района выращивания. Выбор локальных условий выращивания может позволить получать сырье с определенным жирнокислотным составом, необходимым для производства инновационных продуктов питания с концептуальным качеством. Больше внимание следует уделить разработке технологий переработки сырья бамии и производству пищевых продуктов на его базе.

#### Литература:

1. Меликов А.Г. Разработка и исследование устройства для формования тестового полуфабриката восточной сладости бамия // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 1(343). С. 97–99.
2. Рыбашлыкова Л.П. Особенности прохождения этапов органогенеза *Hibiscus esculentus* L. при интродукции в полупустынной зоне Астраханской области // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2015. № 7. С. 45–46.
3. Третьякова Е.Ю. Экофизиологические и анатомо-морфологические особенности видов рода *Hibiscus* L. в связи с их интродукцией на юго-востоке Украины // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2015. № 1. С. 110–119.
4. Adelakun O.E., Oyelade O.J., Ade-Omowaye B.I., Adeyemi I.A., Van de Venter M. Chemical composition and the antioxidative properties of Nigerian Okra Seed (*Abelmoschus esculentus* Moench) flour. Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association. 2009; 47(6): 1123–1126. DOI:10.1016/j.fct.2009.01.036
5. Adelakun O.E., Oyelade O.J., Ade-Omowaye B.I., Adeyemi I.A., Van de Venter M., Koekemoer T.C. Influence of pre-treatment on yield chemical and antioxidant properties of a Nigerian okra seed (*Abelmoschus esculentus* Moench) flour. Food Chem Toxicol. 2009;47(3):657-661. DOI:10.1016/j.fct.2008.12.023
6. Al Mahri S., Malik S.S., Al Ibrahim M., Haji E., Dairi G., Mohammad S. Free fatty acid receptors (FFARs) in adipose: physiological role and therapeutic outlook. Cells. 2022;11(4): 750. DOI:10.3390/cells11040750
7. Grigorev S.V., Illarionova K.V., Konarev A.V., Shelenga T.V. Differences in metabolites of white and naturally colored cotton: implications for biofunctional and aseptic textiles. Journal of Natural Fibers. 2022; 19(13): 7060–7072. DOI: 10.1080/15440478.2021.1941490
8. Islam M.T. Phytochemical information and pharmacological activities of Okra (*Abelmoschus esculentus*): a literature-based review. Phytotherapy Research. 2019;33(1):72–80. DOI:10.1002/ptr.6212
9. Kim K.B., Nam Y.A., Kim H.S., Hayes A.W., Lee B.M.  $\alpha$ -Linolenic acid: nutraceutical, pharmacological and toxicological evaluation. Food Chem Toxicol. 2014; 70:163–178. DOI: 10.1016/j.fct.2014.05.009
10. Loona D.P.S., Das B., Kaur R., Kumar R., Yadav A.K. Free fatty acid receptors (FFARs): emerging therapeutic targets for the management of diabetes mellitus. Curr Med Chem. 2023; 30(30): 3404–3440. DOI:10.2174/0929867329666220927113614
11. Petropoulos S., Fernandes Â., Barros L., Ciric A., Sokovic M., Ferreira I.C.F.R. The chemical composition, nutritional value and antimicrobial properties of *Abelmoschus esculentus* seeds. Food Funct. 2017; 8(12): 4733–4743. DOI:10.1039/c7fo01446e
12. Russo G.L. Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: from biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. Biochem Pharmacol. 2009;77(6):937-946. DOI: 10.1016/j.bcp.2008.10.020

DOI: 10.34736/FNC.2023.121.2.006.34-40

## Fatty Acid Composition of Oil and Seeds of Okra (*Abelmoschus esculentus* Moench) Grown in the North Caucasian and Southern Federal Districts of Russia

Ksenia V. Illarionova<sup>✉1</sup>, e-mail: elkv@mail.ru, Ph.D. (Technical Sciences), ORCID: 0000-0002-2563-6094  
Viktor M. Galaganov<sup>1</sup>, ORCID: 0000-0001-9373-2005

Tatyana V. Shelenga<sup>2</sup>, Ph.D. (Biological Sciences), ORCID: 0000-0003-3992-5353

Sergey V. Grigoriev<sup>2</sup>, Ph.D. (Agricultural Sciences), ORCID: 0000-0001-7670-4360

<sup>1</sup>Peter the Great Polytechnic University, str. Polytechnicheskaya 29, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR), str. B.Morskaya 42,44, St. Petersburg, Russia

**Abstract.** Okra is a popular vegetable crop in a range of countries. The use of its seeds in Russia as a raw material has the prospect of obtaining a product with a complex of compounds effective in reducing cardiovascular diseases, cholesterol levels,

modulating a number of key biological functions of energy metabolism in humans. The purpose of this work is to study the composition of fatty acids (FA) of oil and seed samples of okra (*Abelmoschus esculentus*) grown in the conditions of the North Caucasian and

Southern Federal Districts of Russia. The novelty of the research is the obtained data on the composition of biologically active FAs of seeds and oil, the assessment of the influence of the climate of plant cultivation on these indicators. The LC profile was studied using gas-liquid chromatography with mass spectrometry on an Agilent 6850 chromatograph. The results were processed using UniChrom and AMDIS. It was found that the content of the total unsaturated acids of the oil was 67.67%, which is twice the amount of saturated fatty acids, and the amount of polyunsaturated fatty acids was at the level of 37.31%. Cultivation in conditions of a transitional climate from temperate maritime to subtropical semi-dry climate contributes to the accumulation of the amount of unsaturated FA oils and a slight increase in the proportion of biologically valuable polyunsaturated ones. In the case of a continental semi-arid climate, the proportion of saturated fatty acids in the seed oil increases, the amount of unsaturated fatty acids decreases, and the amount of polyunsaturated and monounsaturated fatty acids decreases slightly. In the growing location with the continental semi-arid climate of southern Russia, okra seeds synthesized more free unsaturated fatty acids - linoleic,  $\alpha$ -linolenic,  $\gamma$ -linolenic and oleic acids than at the point with the transition from temperate marine to subtropical semi-dry. An accession of okra with a high content of unsaturated and polyunsaturated fatty acids with pronounced antioxidant properties has been suggested.

**Keywords:** okra, polyunsaturated fatty acids (FA), free FA,  $\omega$ -6 linoleic FA,  $\omega$ -3  $\alpha$ -linolenic FA,  $\omega$ -6  $\gamma$ -linolenic FA, antioxidants

**Funding.** The work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the Federal Scientific and Technical Program for the development of genetic technologies for 2019–2027, project No. 075-15-2021-1050.

**Citation.** Illarionova K.V., Galaganov V.M., Shelenga T.V., Grigoriev S.V. Fatty Acid Composition of Oil and Seeds of Okra (*Abelmoschus esculentus* Moench) Grown in the North Caucasian and Southern Federal Districts of Russia. *Scientific Agronomy Journal*. 2023. 2(121). pp. 34-40. DOI: 10.34736/FNC.2023.121.2.006.34-40

Received: 05.05.2023

Accepted: 13.06.2023

#### References:

- Melikov A.G. Development and research of a device for molding a test semi-finished product of eastern sweet "bamia". *Food technology*. 2015; 1(343): 97–99.
- Rybashlykova L.P. Features of stages of organogenesis of *Hibiscus esculentus* L. during introduction in the semi-desert zone of the Astrakhan Region. *Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2015; 7: 45-46.
- Tretyakova E.Yu. Ecophysiological and anatomical-morphological features of species of the genus *Hibiscus* L. in connection with their introduction in the south-east area of Ukraine. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2015; 1: 110-119.
- Adelakun O.E., Oyelade O.J., Ade-Omowaye B.I., Adeyemi I.A., Van de Venter M. Chemical composition and the antioxidative properties of Nigerian Okra Seed (*Abelmoschus esculentus* Moench) flour. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*. 2009; 47(6): 1123-1126. DOI:10.1016/j.fct.2009.01.036
- Adelakun O.E., Oyelade O.J., Ade-Omowaye B.I., Adeyemi I.A., Van de Venter M., Koekemoer T.C. Influence of pre-treatment on yield chemical and antioxidant properties of a Nigerian okra seed (*Abelmoschus esculentus* Moench) flour. *Food Chem Toxicol*. 2009; 47(3): 657-661. DOI:10.1016/j.fct.2008.12.023
- Al Mahri S., Malik S.S., Al Ibrahim M., Haji E., Dairi G., Mohammad S. Free fatty acid receptors (FFARs) in adipose: physiological role and therapeutic outlook. *Cells*. 2022; 11(4): 750. DOI:10.3390/cells11040750
- Grigorev S.V., Illarionova K.V., Konarev A.V., Shelenga T.V. Differences in metabolites of white and naturally colored cotton: implications for biofunctional and aseptic textiles. *Journal of Natural Fibers*. 2022; 19(13): 7060-7072. DOI: 10.1080/15440478.2021.1941490
- Islam M.T. Phytochemical information and pharmacological activities of Okra (*Abelmoschus esculentus*): a literature-based review. *Phytotherapy Research*. 2019;33(1):72-80. DOI:10.1002/ptr.6212
- Kim K.B., Nam Y.A., Kim H.S., Hayes A.W., Lee B.M.  $\alpha$ -Linolenic acid: nutraceutical, pharmacological and toxicological evaluation. *Food Chem Toxicol*. 2014; 70:163-178. DOI: 10.1016/j.fct.2014.05.009
- Loona D.P.S., Das B., Kaur R., Kumar R., Yadav A.K. Free fatty acid receptors (FFARs): emerging therapeutic targets for the management of diabetes mellitus. *Curr Med Chem*. 2023; 30(30): 3404-3440. DOI:10.2174/0929867329666220927113614
- Petropoulos S., Fernandes Â., Barros L., Ciric A., Sokovic M., Ferreira I.C.F.R. The chemical composition, nutritional value and antimicrobial properties of *Abelmoschus esculentus* seeds. *Food Funct*. 2017; 8(12): 4733-4743. DOI:10.1039/c7fo01446e
- Russo G.L. Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: from biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. *Biochem Pharmacol*. 2009; 77(6): 937-946. DOI: 10.1016/j.bcp.2008.10.020

**Авторский вклад.** Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Author's contribution.** Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

**Conflict of interest.** Authors declare no conflict of interest.