

Научная статья

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОРГАНИЗМОВ
В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ
КАК СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ РИСКОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ****Г.Ф. Мухаммадиева, Д.О. Каримов, Э.Р. Шайхлисламова,
А.Б. Бакиров, Э.Р. Кудояров, Я.В. Валова, Р.А. Даукаев, Э.Ф. Репина**Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека, Россия, 450106,
г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, 94

Недопущение бесконтрольного распространения пищевой продукции, полученной из генетически модифицированных растений, представляет собой одно из условий обеспечения продовольственной безопасности России и минимизации рисков для здоровья потребителей.

Проведен анализ продуктов детского питания растительного происхождения на содержание компонентов генетически модифицированных организмов для задач обеспечения безопасности пищевой продукции. В структуре исследованных проб наибольший удельный вес составили нектары (40,0 %) и сокодержущие напитки (36,0 %). На долю соков и морсов пришлось по 12,0 %. Определение генетически модифицированных организмов в пищевых продуктах основывалось на идентификации регуляторных последовательностей (промотор 35S, промотор FMV и терминатор NOS), используемых в конструкциях генетически модифицированных растений. Методом полимеразной цепной реакции в реальном времени с гибридно-флуоресцентной детекцией продуктов амплификации с использованием наборов реагентов «АмплиСенс ГМ Плант-1-FL» и «АмплиКвант ГМ соя-FL» было проверено наличие регуляторных генетических элементов, специфичных для генетически модифицированных организмов, в образцах соковой продукции, предназначенной для детского питания.

Результаты проведенного исследования показали, что вся проанализированная пищевая продукция растительного происхождения не содержит регуляторных последовательностей (35S, NOS и FMV), указывающих на присутствие генетически модифицированных организмов, флуоресценция по каналам FAM, Cy5 и ROX не превышала порогового уровня. Следовательно, установленные требования по наличию генетически модифицированных компонентов в детском питании не нарушены. Для оценки и контроля загрязнения продуктов питания генетически модифицированными организмами с целью обеспечения безопасности пищевой продукции требуется дальнейшее изучение на более обширном материале.

Ключевые слова: трансгенные растения, генетически модифицированные организмы, промоторы, терминаторы, полимеразная цепная реакция, продовольственная безопасность, соковая продукция для детского питания.

© Мухаммадиева Г.Ф., Каримов Д.О., Шайхлисламова Э.Р., Бакиров А.Б., Кудояров Э.Р., Валова Я.В., Даукаев Р.А., Репина Э.Ф., 2022

Мухаммадиева Гузель Фанисовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: ufniiimt@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7456-4787>).

Каримов Денис Олегович – кандидат медицинских наук, заведующий отделом токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: karimovdo@gmail.com; тел.: 8 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0039-6757>).

Шайхлисламова Эльмира Радиковна – кандидат медицинских наук, директор (e-mail: fbun@uniimtech.ru; тел.: 8 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6127-7703>).

Бакиров Ахат Бариевич – доктор медицинских наук, профессор, советник директора (e-mail: fbun@uniimtech.ru; тел.: 8 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3510-2595>).

Кудояров Эльдар Ренатович – младший научный сотрудник отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: ekudoyarov@gmail.com; тел.: 8 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2092-1021>).

Валова Яна Валерьевна – младший научный сотрудник отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: Q.juk@yandex.ru; тел.: 8 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6605-9994>).

Даукаев Рустем Аскарлович – кандидат биологических наук, заведующий химико-аналитическим отделом (e-mail: ufa.lab@yandex.ru; тел.: 8 (347) 255-19-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0421-4802>).

Репина Эльвира Фаридовна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: e.f.repina@bk.ru; тел.: 8 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8798-0846>).

В условиях глобального роста населения Земли важной проблемой является продовольственная безопасность [1, 2]. Она признается неотъемлемым структурным элементом национальной безопасности государства [3]. В соответствии с Указом Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 утверждена Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, в п. 7з которой одним из национальных интересов в сфере продовольственной безопасности государства на продолжительный срок обозначена необходимость недопущения ввоза на территорию страны генетически модифицированных организмов с целью их посева, выращивания, разведения и оборота, а также контроля за ввозом и оборотом продовольственной продукции, полученной с использованием генетически модифицированных организмов¹.

Для повышения урожайности растений и устойчивости к неблагоприятным факторам все чаще используются генетически модифицированные культуры [4–6]. Существуют сорта овощей и фруктов, созданные в лабораториях с использованием современных методов геномной инженерии [7–9]. В наши дни генетически модифицированные организмы встречаются в большинстве продуктов питания, в том числе в соковой продукции.

Динамично развивающийся рынок соковой продукции обеспечивает потребителей разнообразным ассортиментом соков, нектаров, сокосодержащих напитков и морсов² [10–12]. Соковая продукция считается источником необходимых питательных и биологически активных веществ [13–16]. Производители выпускают по всему миру множество инновационных продуктов, при этом переходят на более полезные ингредиенты в связи с растущим интересом потребителей к здоровому питанию. Происходит усовершенствование технологических процессов и рецептур, соковая продукция обогащается растительными компонентами и витаминами [17].

С 2016 г. в России действует законодательный запрет на коммерческое выращивание генетически модифицированных культур, но допускаются их поставки из-за рубежа при условии прохождения процедуры государственной регистрации³. Однако использование генетически модифицированных орга-

низмов запрещено в детском питании, включая соки для детей. В настоящее время обязательные требования, обеспечивающие безопасность соковой продукции, установлены в Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 023/2011 «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей»⁴. Большая часть соков и сокосодержащих напитков, продаваемых в стране, представлена продукцией российского производства, изготовленной из концентрированных пюре и соков зарубежных производителей. Отечественная соковая продукция на 80 % состоит из импортного сырья [18], этот показатель практически не изменился за последние двадцать лет. В силу климатических условий многие виды плодовых культур, используемые при производстве соковой продукции, не произрастают в нашей стране. Таким образом, есть риск проникновения на российский продовольственный рынок генетически модифицированной продукции, не прошедшей государственную регистрацию. Помимо этого, существует риск реализации фальсифицированной и контрафактной, а также недостоверно декларируемой соковой продукции. Необходимы более эффективные методы определения безопасности, качества и подлинности соковой продукции.

Цель исследования – определение наличия генетически модифицированных организмов в продуктах детского питания растительного происхождения для задач обеспечения безопасности пищевой продукции.

Материалы и методы. Определение генетически модифицированных организмов в пищевых продуктах проводили методом полимеразной цепной реакции в реальном времени с гибридно-флуоресцентной детекцией. Всего было проанализировано 50 образцов детской продукции растительного происхождения. В структуре исследованных проб наибольший удельный вес составили нектары (40,0 %) и сокосодержащие напитки (36,0 %). На долю соков и морсов пришлось по 12,0 %.

На первом этапе осуществляли выделение ДНК в соответствии с рекомендациями производителя набора «МагноПрайм ФИТО» (ООО «НекстБио», г. Москва). На следующем этапе проводили амплификацию полученных образцов на оборудовании CFX96 (Bio-Rad, США) по следующей программе:

¹ Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ № 20 от 21.01.2020 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/564161398?section=text> (дата обращения: 07.06.2022).

² Рынок соков и нектаров в России. Текущая ситуация и прогноз 2022–2026 гг. [Электронный ресурс] // Alto Consulting Group (ACG). – URL: <https://alto-group.ru/otchet/rossija/285-gynok-sokov-i-nektarov-v-rossii-tekuschaja-situacija-i-prognoz-2021-2025-gg.html> (дата обращения: 03.06.2022).

³ О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования государственного регулирования в области геномной инженерии деятельности: Федеральный закон № 358-ФЗ от 03.07.2016 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420363719?section=text> (дата обращения: 08.06.2022).

⁴ ТР ТС 023/2011. Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей / утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 882 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320562?section=text> (дата обращения: 08.06.2022).

1 цикл: 95 °С в течение 900 с; 2 цикла: 95 °С в течение 15 с, 59 °С в течение 60 с. При этом использовали тест-системы «АмплиСенс ГМ Плант-1-FL» и «АмплиКвант ГМ соя-FL» (ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, г. Москва) для качественного и количественного выявления генетически модифицированных ингредиентов растительного происхождения в продуктах питания соответственно. По окончании амплификации проводили детекцию интенсивности флуоресценции по каналам, соответствующим красителям FAM, HEX, ROX, Cy5. Результаты оценивали по пересечению кривой флуоресценции с заданной на определенном уровне пороговой линией. Результат исследования считали достоверным в случае корректного прохождения отрицательных и положительных контролей амплификации и экстракции нуклеиновых кислот согласно инструкции к набору реагентов. Анализ кривых флуоресценции осуществляли с использованием программного обеспечения CFX Manager.

Результаты и их обсуждение. В соковом производстве применяются различные виды фруктов, овощей и ягод. Исследованная соковая продукция в основном была представлена образцами, при изготовлении которых использовались концентраты соков и (или) пюре из яблок, персиков, томатов, апельсинов, а также концентрат мультифруктовый. В состав единичных проб входили виноград, вишня, черная смородина, бананы, абрикосы, персики, груши, грейпфрут, брусника, ежевика, личи и маракуйя.

Нами были проведены исследования по обнаружению ДНК промоторов 35S, FMV и терминатора

NOS в образцах детской соковой продукции, указывающих на присутствие генетически модифицированных организмов. Результаты показали, что данные образцы не содержат специфических последовательностей, флуоресценция по каналам FAM, Cy5 и ROX не превышала порогового уровня. Вместе с тем при проведении полимеразной цепной реакции в реальном времени отмечалось накопление флуоресценции по каналу контроля наличия ДНК растений (HEX) в 86,0 % проанализированных проб, из которых 39,5 % составили нектары, 37,2 % – сокодержательные напитки, 14,0 % – соки и 9,3 % – морсы. Уровни флуоресценции на последнем цикле амплификации для пяти образцов пищевой продукции по всем анализируемым каналам представлены на рисунке, из которого видно, что только по каналу HEX есть превышение порогового значения, свидетельствующее о наличии растительной ДНК в исследуемых пробах (рисунок).

При исследовании с применением тест-системы «АмплиКвант ГМ соя-FL» не наблюдалось возрастания сигнала флуоресценции по каналам FAM и HEX, что подтверждает отсутствие регуляторных последовательностей, присущих генетически модифицированным организмам и ДНК сои, во всех образцах соковой продукции для детей.

Вопрос о возможных рисках использования генетически модифицированных организмов остается открытым [19, 20]. Продовольственная безопасность должна включать в себя и заботу о состоянии здоровья старшего поколения, беременных и кормящих женщин, а также детей. В Российской Федерации

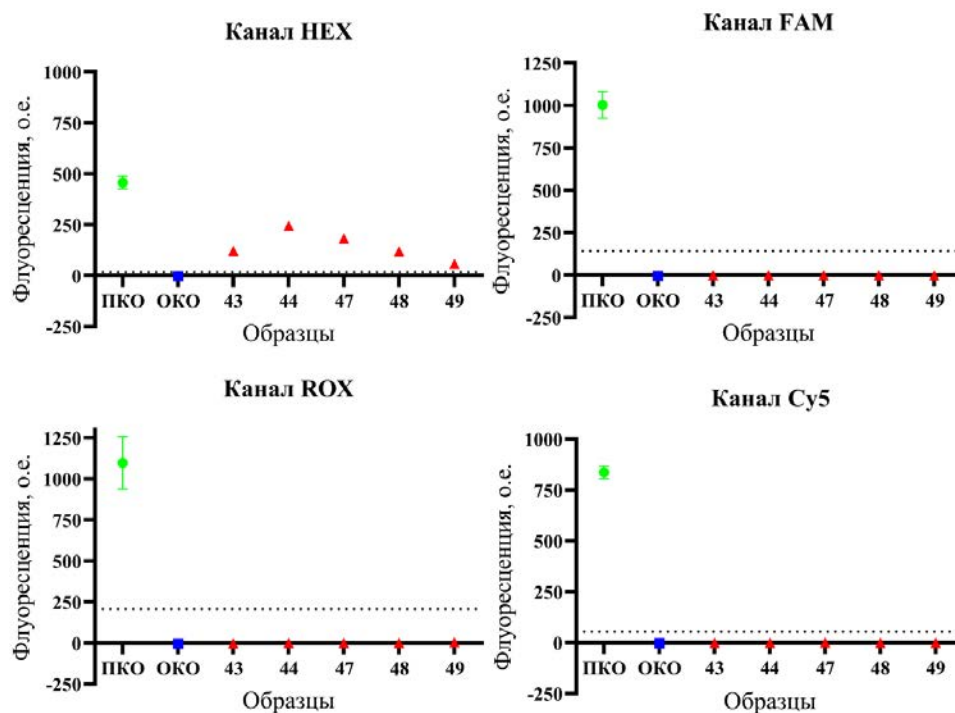


Рис. Уровни флуоресценции на последнем цикле амплификации по каналам HEX, FAM, ROX, Cy5: о.е. – оптические единицы, ПКО – положительный контрольный образец, ОКО – отрицательный контрольный образец

действует мораторий на применение генетически модифицированных организмов в детском питании⁵. В нашем исследовании содержание генетически модифицированных источников ни в одном образце соковой продукции для детского питания не выявлено, что соответствует требованиям действующего законодательства Российской Федерации. Подобные результаты были получены в ранее проведенном исследовании на территории Астрахани, в котором не было обнаружено последовательности терминатора NOS в продуктах детского питания, в том числе соках [21]. Большинство соков не содержит генетически модифицированных организмов, поскольку трансгенные фрукты и овощи выращивают в гораздо меньшем количестве, чем основные сельскохозяйственные культуры. Однако в последние годы прослеживается тенденция увеличения использования биотехнологических методов в производстве овощей и фруктов [22, 23]. Так, новый сорт яблок, полученный с помощью биотехнологии, уже доступен на рынке США. Продукт под названием «Арктическое яблоко» был генетически модифицирован для предотвращения потемнения мякоти на срезе и поддержания свежего вида. В октябре 2020 г. впервые поступил в продажу более сладкий генетически модифицированный ананас с ярко-розовой мякотью [23]. Еще в 1990-х гг. была создана трансгенная папайя, устойчивая к вирусу кольцевой пятнистости

папайи [24]. В то время как цитрусовая промышленность США борется с неизлечимым бактериальным заболеванием Huanglongbing («озеленение цитрусовых»), уничтожающим апельсиновые деревья страны, для отрасли ведется поиск аналогичного решения [25, 26].

Выводы. По результатам проведенного исследования продукции, предназначенной для детского питания, не было обнаружено регуляторных генетических элементов, специфичных для генетически модифицированных организмов. Таким образом, установленные требования по наличию генетически модифицированных компонентов в детском питании не нарушены. Для оценки и контроля контаминации продуктов питания генетически модифицированными организмами с целью обеспечения безопасности пищевой продукции требуется дальнейшее изучение на более обширном материале.

Финансирование. Работа выполнена в рамках отраслевой научно-исследовательской программы Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека на 2021–2025 гг. «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России» п. 4.1.2.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. The State of Food Security and Nutrition in the World 2018: Building climate resilience for food security and nutrition / FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. – Rome: FAO, 2018. – 202 p.
2. Molotoks A., Smith P., Dawson T.P. Impacts of land use, population, and climate change on global food security // *Food Energy Secur.* – 2021. – Vol. 10, № 1. – P. e261. DOI: 10.1002/fes3.261
3. Варганова М.Л. Продовольственная безопасность как составная часть экономической и национальной безопасности государства // *Продовольственная политика и безопасность.* – 2016. – Т. 3, № 3. – С. 145–162. DOI: 10.18334/ppib.3.3.36503
4. Genetic strategies for improving crop yields / J. Bailey-Serres, J.E. Parker, E.A. Ainsworth, G.E.D. Oldroyd, J.I. Schroeder // *Nature.* – 2019. – Vol. 575, № 7781. – P. 109–118. DOI: 10.1038/s41586-019-1679-0
5. Genetically modified crops: current status and future prospects / K. Kumar, G. Gambhir, A. Dass, A.K. Tripathi, A. Singh, A.K. Jha, P. Yadava, M. Choudhary, S. Rakshit // *Planta.* – 2020. – Vol. 251, № 4. – P. 91. DOI: 10.1007/s00425-020-03372-8
6. Van Esse H.P., Reuber T.L., van der Does D. Genetic modification to improve disease resistance in crops // *New Phytol.* – 2020. – Vol. 225, № 1. – P. 70–86. DOI: 10.1111/nph.15967
7. Transgenic and genome-edited fruits: background, constraints, benefits, and commercial opportunities / M. Lobato-Gómez, S. Hewitt, T. Capell, P. Christou, A. Dhingra, P.S. Girón-Calva // *Hortic. Res.* – 2021. – Vol. 8, № 1. – P. 166. DOI: 10.1038/s41438-021-00601-3
8. Genomic approaches for improvement of tropical fruits: fruit quality, shelf life and nutrient content / M. Mathiazhagan, B. Chidambara, L.R. Hunashikatti, K.V. Ravishankar // *Genes (Basel).* – 2021. – Vol. 12, № 12. – P. 1881. DOI: 10.3390/genes12121881
9. Advances in understanding and harnessing the molecular regulatory mechanisms of vegetable quality / L. Gao, N. Hao, T. Wu, J. Cao // *Front. Plant Sci.* – 2022. – Vol. 13. – P. 836515. DOI: 10.3389/fpls.2022.836515
10. Добровлянин В.Д., Хацкелевич А.Н. Рынок безалкогольных напитков: современное состояние, перспективы развития и стратегия продвижения в продуктовом ритейле // *Маркетинг в России и за рубежом.* – 2021. – № 6. – С. 95–104.

⁵ ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции (с изменениями на 14 июля 2021 года) / утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880 [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560?section=text> (дата обращения: 09.06.2022).

11. Драгилев И.Г., Драгилева Л.Ю. Исследование современного состояния рынка соков и предпочтений потребителей во Владивостоке // *Азимут научных исследований: экономика и управление*. – 2021. – Т. 10, № 4 (37). – С. 119–123. DOI: 10.26140/anie-2021-1004-0026
12. Николаева М.А., Петрова А.А., Рудаков С.В. Ассортимент категории «соковая продукция», реализуемый на предприятиях розничной торговли Москвы // *Товаровед продовольственных товаров*. – 2021. – № 3. – С. 184–192. DOI: 10.33920/igt-01-2103-04
13. Бельмер С.В. Соки в питании ребенка и взрослого человека: значение для здоровья // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. – 2016. – Т. 61, № 4. – С. 43–48. DOI: 10.21508/1027-4065-2016-61-4-43-48
14. Кенийз Н.В., Варивода А.А. Биологически активные компоненты в питании человека за счет потребления соков и напитков // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. – 2020. – Т. 65, № 6. – С. 50–55. DOI: 10.33979/2219-8466-2020-65-6-50-55
15. Perspective: the role of beverages as a source of nutrients and phytonutrients / M.G. Ferruzzi, J. Tanprasertsuk, P. Kris-Etherton, C.M. Weaver, E.J. Johnson // *Adv. Nutr.* – 2020. – Vol. 11, № 3. – P. 507–523. DOI: 10.1093/advances/nmz115
16. Miles E.A., Calder P.C. Effects of Citrus Fruit Juices and Their Bioactive Components on Inflammation and Immunity: A Narrative Review // *Front. Immunol.* – 2021. – Vol. 12. – P. 712608. DOI: 10.3389/fimmu.2021.712608
17. 3 Enrichment of beverages with health beneficial ingredients / K.N. Kasapoğlu, C. Daşkaya-Dikmen, M. Yavuz-Düzgün, A.C. Karaça, B. Özçelik // *Value-Added Ingredients and Enrichments of Beverages*. – 2019. – Vol. 14. – P. 63–99. DOI: 10.1016/b978-0-12-816687-1.00003-5
18. Елисеева Л.Г., Гришина Е.В. Анализ тенденций импортозамещения соковой продукции на российском рынке // *Международная торговля и торговая политика*. – 2016. – Т. 5, № 1. – С. 74–81.
19. Impact on environment, ecosystem, diversity and health from culturing and using GMOs as feed and food / A.M. Tsatsakis, M.A. Nawaz, V.A. Tutelyan, K.S. Golokhvast, O.I. Kalantzi, D.H. Chung, S.J. Kang, M.D. Coleman [et al.] // *Food Chem. Toxicol.* – 2017. – Vol. 107, pt A. – P. 108–121. DOI: 10.1016/j.fct.2017.06.033
20. Risks and opportunities of GM crops: Bt maize example / A.K. Carzoli, S.I. Aboobucker, L.L. Sandall, T.T. Lübberstedt, W.P. Suza // *Glob. Food Secur.* – 2018. – Vol. 19. – P. 84–91. DOI: 10.1016/j.gfs.2018.10.004
21. Современные аспекты использования генно-модифицированных компонентов в продуктах питания и методы их обнаружения / Н.Е. Сороколетова, Н.А. Ломтева, Е.И. Кондратенко, Н.В. Нетипанова // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. – 2014. – Т. 4, № 4. – С. 75–81.
22. Biotechnological Approaches for Enhancing the Production of Vegetables – An Updated Overview / A. Kuanar, A. Pati, B. Pattnaik, R. Bhuyan, D. Kar // *Universal Journal of Agricultural Research*. – 2021. – Vol. 9, № 6. – P. 221–234. DOI: 10.13189/ujar.2021.090601
23. Transgenic and genome-edited fruits: background, constraints, benefits, and commercial opportunities / M. Lobato-Gómez, S. Hewitt, T. Capell, P. Christou, A. Dhingra, P.S. Girón-Calva // *Hortic. Res.* – 2021. – Vol. 8, № 1. – P. 166. DOI: 10.1038/s41438-021-00601-3
24. Heng Y., Yoon S., House L. Explore Consumers' Willingness to Purchase Biotechnology Produced Fruit: An International Study // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13, № 22. – P. 12882. DOI: 10.3390/su132212882
25. Correction: Transgenic Citrus Expressing an Arabidopsis NPR1 Gene Exhibit Enhanced Resistance against Huanglongbing (HLB; Citrus Greening) / M. Dutt, G. Barthe, M. Irej, J. Grosser // *PLoS One*. – 2016. – Vol. 11, № 1. – P. e0147657. DOI: 10.1371/journal.pone.0147657
26. Heterologous Expression of the Constitutive Disease Resistance 2 and 8 Genes from *Poncirus trifoliata* Restored the Hypersensitive Response and Resistance of Arabidopsis cdr1 Mutant to Bacterial Pathogen *Pseudomonas syringae* / X. Ying, B. Redfern, F.G. Gmitter Jr., Z. Deng // *Plants (Basel)*. – 2020. – Vol. 9, № 7. – P. 821. DOI: 10.3390/plants9070821

Идентификация генетически модифицированных организмов в пищевой продукции растительного происхождения как средство контроля рисков для здоровья потребителей / Г.Ф. Мухаммадиева, Д.О. Каримов, Э.Р. Шайхлисламова, А.Б. Бакиров, Э.Р. Кудояров, Я.В. Валова, Р.А. Даукаев, Э.Ф. Репина // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 3. – С. 83–89. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.07



Research article

IDENTIFICATION OF GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS IN FOODS OF PLANT ORIGIN AS A WAY TO CONTROL HEALTH RISKS FOR CONSUMERS

G.F. Mukhammadiyeva, D.O. Karimov, E.R. Shaikhislamova, A.B. Bakirov, E.R. Kudoyarov, Ya.V. Valova, R.A. Daukaev, E.F. Repina

Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, 94 Stepana Kuvykina Str., Ufa, 450106, Russian Federation

Uncontrolled distribution of goods produced by genetically modified plants should be prevented by the state in order to secure food safety in the Russian Federation and to minimize health risks for consumers.

We analyzed foods of plant origin for children to identify components of genetically modified organisms in them. It was done to ensure safety of such foods. The highest specific weight among the analyzed foods belonged to nectars (40.0 %) and juice-containing drinks (36.0 %). Juices and fruit drinks accounted for 12 % each. Genetically modified organisms were determined in foods by identifying regulatory sequences (35S promoter, FMV promoter and NOS terminator) that are widely used in constructions of genetically modified plants. Occurrence of regulatory genetic elements specific for genetically modified organisms was checked in juice products for children by the polymerase chain reaction in real-time mode with hybridization-fluorescent detection of amplification products and with the use of the “AmpliSens GM Plant-1-FL” and “AmpliKvant GM soya-FL” test systems.

The results of this study showed that no analyzed foods of plant origin contained any regulatory sequences (35S, NOS u FMV) indicating presence of genetically modified organisms. Fluorescence through the FAM, Cy5 and ROX channels did not exceed its threshold value. Therefore, we did not detect any violations of the established requirements to occurrence of genetically modified organisms in foods for children. Further investigation that would involve examining a more extensive material is required to ensure proper assessment and control of food contamination with genetically modified organisms in order to ensure food safety.

Keywords: *transgenic plants, genetically modified organisms, promoters, terminators, polymerase chain reaction, food safety, juice foods for children.*

References

1. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2018: Building climate resilience for food security and nutrition. Rome, FAO, 2018, 202 p.
2. Molotoks A., Smith P., Dawson T.P. Impacts of land use, population, and climate change on global food security. *Food Energy Secur.*, 2021, vol. 10, no. 1, pp. e261. DOI: 10.1002/fes3.261

© Mukhammadiyeva G.F., Karimov D.O., Shaikhislamova E.R., Bakirov A.B., Kudoyarov E.R., Valova Ya.V., Daukaev R.A., Repina E.F., 2022

Guzel F. Mukhammadiyeva – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Department of Toxicology and Genetics with the Experimental Clinics for Laboratory Animals (e-mail: ufniimt@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7456-4787>).

Denis O. Karimov – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Toxicology and Genetics with the Experimental Clinics for Laboratory Animals (e-mail: karimovdo@gmail.com; tel.: +7 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0039-6757>).

Elmira R. Shaikhislamova – Candidate of Medical Sciences, director (e-mail: fbun@uniimtech.ru; tel.: +7 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6127-7703>).

Akhat B. Bakirov – Doctor of Medical Sciences, Professor, director’s adviser (e-mail: fbun@uniimtech.ru; tel.: +7 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3510-2595>).

Eldar R. Kudoyarov – Junior Researcher at the Department of Toxicology and Genetics with the Experimental Clinics for Laboratory Animals (e-mail: ekudoyarov@gmail.com; tel.: +7 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2092-1021>).

Yana V. Valova – Junior Researcher at the Department of Toxicology and Genetics with the Experimental Clinics for Laboratory Animals (e-mail: Q.juk@yandex.ru; tel.: +7 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6605-9994>).

Rustem A. Daukaev – Candidate of Biological Sciences, Head of Chemical and Analytical Department (e-mail: ufa.lab@yandex.ru; tel.: +7 (347) 255-19-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0421-4802>).

Elvira F. Repina – Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher at the Department of Toxicology and Genetics with the Experimental Clinics for Laboratory Animals (e-mail: e.f.repina@bk.ru; tel.: +7 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8798-0846>).

3. Vartanova M.L. Food security as an integral part of economic and national security of the state. *Prodovol'stvennaya politika i bezopasnost'*, 2016, vol. 3, no. 3, pp. 145–162. DOI: 10.18334/ppib.3.3.36503 (in Russian).
 4. Bailey-Serres J., Parker J.E., Ainsworth E.A., Oldroyd G.E.D., Schroeder J.I. Genetic strategies for improving crop yields. *Nature*, 2019, vol. 575, no. 7781, pp. 109–118. DOI: 10.1038/s41586-019-1679-0
 5. Kumar K., Gambhir G., Dass A., Tripathi A.K., Singh A., Jha A.K., Yadava P., Choudhary M., Rakshit S. Genetically modified crops: current status and future prospects. *Planta*, 2020, vol. 251, no. 4, pp. 91. DOI: 10.1007/s00425-020-03372-8
 6. Van Esse H.P., Reuber T.L., van der Does D. Genetic modification to improve disease resistance in crops. *New Phytol.*, 2020, vol. 225, no. 1, pp. 70–86. DOI: 10.1111/nph.15967
 7. Lobato-Gómez M., Hewitt S., Capell T., Christou P., Dhingra A., Girón-Calva P.S. Transgenic and genome-edited fruits: background, constraints, benefits, and commercial opportunities. *Hortic. Res.*, 2021, vol. 8, no. 1, pp. 166. DOI: 10.1038/s41438-021-00601-3
 8. Mathiazhagan M., Chidambara B., Hunashikatti L.R., Ravishankar K.V. Genomic approaches for improvement of tropical fruits: fruit quality, shelf life and nutrient content. *Genes (Basel)*, 2021, vol. 12, no. 12, pp. 1881. DOI: 10.3390/genes12121881
 9. Gao L., Hao N., Wu T., Cao J. Advances in understanding and harnessing the molecular regulatory mechanisms of vegetable quality. *Front. Plant Sci.*, 2022, vol. 13, pp. 836515. DOI: 10.3389/fpls.2022.836515
 10. Dobrovlyanin V.D., Khatskelevich A.N. The market of soft drinks: current state, development prospects and promotion strategy in food retail. *Marketing v Rossii i za rubezhom*, 2021, no. 6, pp. 95–104 (in Russian).
 11. Dragilev I.G., Dragileva L.Yu. Research for the current juice market and consumer preferences in Vladivostok. *Azimuth nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie*, 2021, vol. 10, no. 4 (37), pp. 119–123. DOI: 10.26140/anie-2021-1004-0026 (in Russian).
 12. Nikolaeva M.A., Petrova A.A., Rudakov S.V. Assortment of the category "Juice products", sold in retail outlets in Moscow. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov*, 2021, no. 3, pp. 184–192. DOI: 10.33920/igt-01-2103-04 (in Russian).
 13. Belmer S.V. Juices in the diet of a child and an adult: Their significance for health. *Rossiiskii vestnik perinatologii i pediatrii*, 2016, vol. 61, no. 4, pp. 43–48. DOI: 10.21508/1027-4065-2016-61-4-43-48 (in Russian).
 14. Keniyz N.V., Varivoda A.A. Biologically active components in human nutrition due to the consumption of juices and drinks. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov*, 2020, vol. 65, no. 6, pp. 50–55. DOI: 10.33979/2219-8466-2020-65-6-50-55 (in Russian).
 15. Ferruzzi M.G., Tanprasertsuk J., Kris-Etherton P., Weaver C.M., Johnson E.J. Perspective: the role of beverages as a source of nutrients and phytonutrients. *Adv. Nutr.*, 2020, vol. 11, no. 3, pp. 507–523. DOI: 10.1093/advances/nmz115
 16. Miles E.A., Calder P.C. Effects of Citrus Fruit Juices and Their Bioactive Components on Inflammation and Immunity: A Narrative Review. *Front. Immunol.*, 2021, vol. 12, pp. 712608. DOI: 10.3389/fimmu.2021.712608
 17. Kasapoğlu K.N., Daşkaya-Dikmen C., Yavuz-Düzgün M., Karaça A.C., Özçelik B. 3 Enrichment of Beverages With Health Beneficial Ingredients and Enrichments of Beverages, 2019, vol. 14, pp. 63–99. DOI: 10.1016/b978-0-12-816687-1.00003-5
 18. Eliseeva L.G., Grishina E.V. Trend analysis of the import substituting juice production in the Russian market. *Mezhdunarodnaya trgovlya i trgovaya politika*, 2016, vol. 5, no. 1, pp. 74–81 (in Russian).
 19. Tsatsakis A.M., Nawaz M.A., Tutelyan V.A., Golokhvast K.S., Kalantzi O.I., Chung D.H., Kang S.J., Coleman M.D. [et al.]. Impact on environment, ecosystem, diversity and health from culturing and using GMOs as feed and food. *Food Chem. Toxicol.*, 2017, vol. 107, pt A, pp. 108–121. DOI: 10.1016/j.fct.2017.06.033
 20. Carzoli A.K., Aboobucker S.I., Sandall L.L., Lübberstedt T.T., Suza W.P. Risks and opportunities of GM crops: Bt maize example. *Glob. Food Secur.*, 2018, vol. 19, pp. 84–91. DOI: 10.1016/j.gfs.2018.10.004
 21. Sorokoletova N.E., Lomteva N.A., Kondratenko E.I., Netipanova N.V. Modern aspects uses of gene-modified components in food and methods their detection. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*, 2014, no. 4 (4), pp. 75–81 (in Russian).
 22. Kuanar A., Pati A., Pattnaik B., Bhuyan R., Kar D. Biotechnological Approaches for Enhancing the Production of Vegetables – An Updated Overview. *Universal Journal of Agricultural Research*, 2021, vol. 9, no. 6, pp. 221–234. DOI: 10.13189/ujar.2021.090601
 23. Lobato-Gómez M., Hewitt S., Capell T., Christou P., Dhingra A., Girón-Calva P.S. Transgenic and genome-edited fruits: background, constraints, benefits, and commercial opportunities. *Hortic. Res.*, 2021, vol. 8, no. 1, pp. 166. DOI: 10.1038/s41438-021-00601-3
 24. Heng Y., Yoon S., House L. Explore Consumers' Willingness to Purchase Biotechnology Produced Fruit: An International Study. *Sustainability*, 2021, vol. 13, no. 22, pp. 12882. DOI: 10.3390/su132212882
 25. Dutt M., Barthe G., Irely M., Grosser J. Correction: Transgenic Citrus Expressing an Arabidopsis NPR1 Gene Exhibit Enhanced Resistance against Huanglongbing (HLB; Citrus Greening). *PLoS One*, 2016, vol. 11, no. 1, pp. e0147657. DOI: 10.1371/journal.pone.0147657
 26. Ying X., Redfern B., Gmitter F.G. Jr., Deng Z. Heterologous Expression of the Constitutive Disease Resistance 2 and 8 Genes from *Poncirus trifoliata* Restored the Hypersensitive Response and Resistance of Arabidopsis cdr1 Mutant to Bacterial Pathogen *Pseudomonas syringae*. *Plants (Basel)*, 2020, vol. 9, no. 7, pp. 821. DOI: 10.3390/plants9070821
- Mukhammadiyeva G.F., Karimov D.O., Shaikhislamova E.R., Bakirov A.B., Kudoyarov E.R., Valova Ya.V., Daukaev R.A., Repina E.F. Identification of genetically modified organisms in foods of plant origin as a way to control health risks for consumers. Health Risk Analysis, 2022, no. 3, pp. 83–89. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.07.eng*

Получена: 27.06.2022

Одобрена: 18.08.2022

Принята к публикации: 21.09.2022