

Научная статья

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОРГАНИЗМОВ КАК ЭЛЕМЕНТ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО НАДЗОРА ЗА БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Г.Ф. Мухаммадиева, А.Б. Бакиров, Д.О. Каримов, Э.Р. Кудояров, Л.Ш. Назарова, Я.В. Валова, М.М. Зиятдинова

Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека, Россия, 450106, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, 94

Контроль применения генно-модифицированных продуктов является задачей и составной частью риск-ориентированной модели надзора за безопасностью пищевой продукции во всем мире и в России в том числе.

*Исследованы пищевые продукты отечественного производства на наличие регуляторных последовательно-стей, присущих генетически модифицированным организмам. Методом полимеразной цепной реакции с гибридизационно-флуоресцентной детекцией в режиме реального времени проведены исследования 77 образцов продуктов на содержание в них фрагментов ДНК энхансера (E-35S) и промотора (P-35S) последовательности 35S вируса мозаики цветной капусты, терминатора гена нопалин-синтазы из *Agrobacterium tumefaciens* (T-NOS), энхансера (E-FMV) и промотора (P-FMV) 35S вируса мозаики норичника, а также растительной ДНК, включая ДНК сои.*

Ни в одном из образцов не обнаружены элементы трансгенных конструкций, однако выявлены компоненты растительного происхождения, в том числе в 68,8 % проб установлено присутствие ДНК сои. Обнаружены факты фальсификации колбасных изделий, содержащих растительные ингредиенты. В 15,6 % случаев информация о составе продукта оказалась недостоверной, поскольку наличие ДНК сои не было отражено на потребительской упаковке. Результаты определения содержания ДНК сои и элементов трансгенных конструкций в пищевых продуктах свидетельствуют о введении дополнительных соевых ингредиентов, которые не были декларированы в соответствующих документах как рецептурные компоненты.

Учитывая полученные результаты, показано, что необходимо совершенствовать контроль за наличием генетически модифицированных источников и растительных компонентов, используемых в качестве ингредиентов для пищевых производств, так как фальсификация пищевых продуктов может способствовать изменениям не только потребительских свойств готовой продукции, но и нанести вред здоровью потребителей.

Ключевые слова: генетически модифицированные организмы, энхансеры, промоторы, терминаторы, полимеразная цепная реакция, ДНК сои, растительная ДНК, фальсификация, безопасность пищевых продуктов.

© Мухаммадиева Г.Ф., Бакиров А.Б., Каримов Д.О., Кудояров Э.Р., Назарова Л.Ш., Валова Я.В., Зиятдинова М.М., 2020
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) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7456-4787>).

Бакиров Ахат Бариевич – доктор медицинских наук, профессор, директор (e-mail: fbun@uniimtech.ru; тел.: 8 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6593-2704>).

Каримов Денис Олегович – кандидат медицинских наук, заведующий отделом токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: karimovdo@gmail.com; тел.: 8 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0039-6757>).

Кудояров Эльдар Ренатович – младший научный сотрудник отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: ekudoyarov@gmail.com; тел.: 8 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2092-1021>).

Назарова Лилия Шамилевна – кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: lilinaz19@mail.ru; тел.: 8 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9666-5650>).

Валова Яна Валерьевна – младший научный сотрудник отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: Q.juk@yandex.ru; тел.: 8 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6605-9994>).

Зиятдинова Мунира Мунировна – младший научный сотрудник отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: munira.munirovna@yandex.ru; тел.: 8 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1848-7959>).

Интенсивное развитие генной инженерии в последние десятилетия привело к созданию новых методов селекционной работы, основанной на направленной модификации генома растений [1]. С каждым годом увеличивается производство и внедрение в сельское хозяйство растений с генетически измененными наследственными свойствами [2]. Генетическая модификация придает им особые свойства, которые характеризуют их устойчивость по отношению к неблагоприятным климатическим воздействиям, вредителям, пестицидам и болезням [3, 4]. По последним данным во всем мире генетически модифицированные культуры занимают почти 200 млн га земель [5]. Несмотря на опасения, связанные с недостаточной изученностью воздействия генетически модифицированных организмов (ГМО) на здоровье человека и окружающую природу, ежегодно появляются новые линии трансгенных растений [6–8]. Следует отметить, что на сегодняшний день, согласно International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), в мире зарегистрировано 526 генетически модифицированных (ГМ) линий 32 видов растений [9]. Из них для использования в Российской Федерации разрешены 27 линий ГМ-культур (кукурузы – 15, сои – 10, сахарной свеклы – одна, риса – одна), однако выращивание ГМ-растений разрешено только на опытных участках [10]¹. Тем не менее на продовольственном рынке среди товаров импортного производства, да и отечественного в том числе, мы можем встретить продукты питания, при получении которых использовались ГМО [11, 12].

Вопросы безопасности и контроля за применением ГМ-продуктов поднимаются во всем мире [13–15]. Так, пороговый уровень маркировки пищевой ГМ-продукции в Японии составляет 5 %, в Австралии и Новой Зеландии – 1 %, а в странах ЕАЭС – 0,9 % [16–18]. Отечественное законодательство также предусматривает информирование населения о содержании в продуктах ГМО [19]. В России с 26 декабря 2018 г. вступили в силу изменения в техническом регламенте о маркировке пищевой продукции. Если последняя произведена с использованием ГМО, то рядом с единым знаком обращения продукции на рынке Евразийского экономического союза наносится одинаковый с ним по форме и размеру знак в виде надписи «ГМО». Маркировать специальным знаком должны продукты, в которых уровень содержания ГМ-компонентов превышает 0,9 %².

Неотъемлемой частью структуры питания населения России являются мясо и продукты его переработки. Часто источником генетически измененных компонентов в мясных продуктах является ГМ-соя, без которой сейчас не обходится практиче-

ски ни одно производство колбас. Однако важен не сам факт добавления растительного белка, а отсутствие информации об этом. При контроле соблюдения научно обоснованных рецептур и определении сырьевого состава готовых мясных продуктов нередко выявляется фальсификация как по содержанию, так и по качеству входящих в них компонентов [20, 21].

Одной из важнейших задач в рамках решения проблемы обеспечения качества и безопасности продуктов питания является разработка, освоение и развитие систем контроля сырья и готовых продуктов с использованием высокоэффективных методов анализа. В спектр методов, применяемых в рамках контроля и оценки безопасности использования ГМО, входит полимеразная цепная реакция (ПЦР), в том числе в режиме реального времени [22, 23].

Цель работы – исследование пищевых продуктов отечественного производства на наличие регуляторных последовательностей, присущих генетически модифицированным организмам, для задач совершенствования риск-ориентированного надзора за безопасностью пищевой продукции.

Материалы и методы. Всего для определения содержания генетически модифицированных ингредиентов растительного происхождения было отобрано 77 образцов пищевых продуктов: 73 пробы мясной продукции (колбасы, сосиски, ветчины и паштеты), две пробы соевой продукции (соевое молоко и соевый сыр), одна – соевого текстурата, входящего в состав приправы из сушеных овощей для макаронных изделий быстрого приготовления, и одна проба хлеба, содержащего соевую муку. Исследуемые образцы доводили до гомогенного состояния. Из полученных гомогенатов проводили экстракцию ДНК с использованием наборов «ДНК-сорб-С-М» (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора, Россия) и «МагноПрайм ФИТО» (ООО «НекстБио», Россия).

Постановку ПЦР с гибридизационно-флуоресцентной детекцией в режиме реального времени осуществляли на амплификаторах: Rotor-Gene Q (Qiagen, Германия) и CFX96 (Bio-Rad, США). Исследования проводили на наборах реагентов производства ФГУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора «АмплиСенс ГМ Плант-1-FL» для выявления фрагментов ДНК энхансера (E-35S) и промотора (P-35S) последовательности 35S вируса мозаики цветной капусты, терминатора гена нопалин-синтеказы из *Agrobacterium tumefaciens* (T-NOS), энхансера (E-FMV) и промотора (P-FMV) 35S вируса мозаики норичника, а также «АмплиКвант ГМ соя-FL» для количественного определения линий ГМ-сои, в геноме которых присутствует энхансер (E-35S) или

¹ О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования государственного регулирования в области генно-инженерной деятельности: Федеральный закон № 358-ФЗ от 03.07.2016 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420363719> (дата обращения: 21.04.2020).

² ТР ТС 022/2011. Пищевая продукция в части ее маркировки: технический регламент Таможенного союза (с изменениями на 14 сентября 2018 года) [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320347> (дата обращения: 29.04.2020).

промотор (P-35S) последовательности 35S вируса мозаики цветной капусты. Кроме того, при анализе с использованием тест-системы «АмплиСенс ГМ Плант-1-FL» определялся эндогенный контроль растений, то есть ген, специфичный для растительного генома (трансгенного и нетрансгенного), как свидетельство присутствия ДНК растений в исследуемом образце, а при применении набора «АмплиКвант ГМ соя-FL» выявлялось наличие ДНК сои на основе использования эндогенного контроля сои.

Амплификацию проводили на приборе Rotor-Gene Q по следующей программе: 95 °С – 15 мин, один цикл; 95 °С – 10 с, 59 °С – 1 мин, 45 циклов. На приборе CFX96: 95 °С – 15 мин, один цикл; 95 °С – 15 с, 59 °С – 1 мин, 42 цикла. В качестве флуоресцирующих соединений, применяемых для определения специфических последовательностей, использовали флуорофоры FAM, HEX, ROX и Cy5. Анализ кривых накопления флуоресцентного сигнала по каждому каналу детекции проводили при помощи программного обеспечения приборов. Результаты интерпретировали на основании наличия (или отсутствия) пересечения кривой флуоресценции на соответствующем канале с пороговой линией, что определяет наличие (или отсутствие) для данной пробы значения порогового цикла Ct. Исследование считалось достоверным, если получены правильные результаты для контролей этапов экстракции и амплификации ДНК. Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Excel 2010.

Результаты и их обсуждение. Проведена оценка 77 проб пищевых продуктов отечественного производства. Наибольший процент исследованных продуктов приходился на мясную продукцию – 94,8 %. В результате изучения маркировки 77 образцов продуктов питания, в том числе мясных и соевых, нам не удалось обнаружить сведений о наличии ГМО ни в одном из них. Анализ выделенных

ДНК показал, что широко встречающиеся у ГМ-растений фрагменты энхансера (E-35S) и промотора (P-35S) последовательности 35S вируса мозаики цветной капусты, терминатора гена нопалин-синтетазы из *Agrobacterium tumefaciens* (T-NOS), а также энхансера (E-FMV) и промотора (P-FMV) 35S вируса мозаики норичника отсутствуют во всех образцах. Значения порогового цикла не определялись по трем каналам (Cy5, FAM и ROX). При этом компоненты растительного происхождения были выявлены во всех пробах. На рисунке представлены кривые накопления флуоресцентного сигнала для пяти образцов пищевой продукции по каналу HEX, которые позволяют утверждать, что пробы содержат растительную ДНК (рисунок).

На следующем этапе мы подвергли исследованию пищевую продукцию на предмет обнаружения ДНК сои и регуляторных последовательностей, присущих ГМО. Для этого был использован набор реагентов «АмплиКвант ГМ соя-FL», позволяющий выявлять как ГМ-компоненты, так и распознавать фальсификацию соевыми ингредиентами. Проведенный нами анализ пищевых продуктов не определил присутствия элементов трансгенных конструкций ни в одном образце. При этом в 68,8 % проанализированных проб установлено наличие ДНК сои. Однако информация о содержании соевых добавок отсутствовала в 15,6 % случаев, что указывает на фальсификацию данных продуктов. Производители использовали соевое сырье, которое не было обозначено на этикетке как компонент готового продукта. Необходимо отметить, что все случаи несоответствий были обнаружены в колбасных изделиях.

Выводы. В процессе проведения исследований пищевых продуктов не было выявлено ГМО растительного происхождения, но были обнаружены фрагменты ДНК растений, в том числе в 68,8 % проб установлено присутствие ДНК сои. При этом наличие сои в 15,6 % случаев не было отражено на

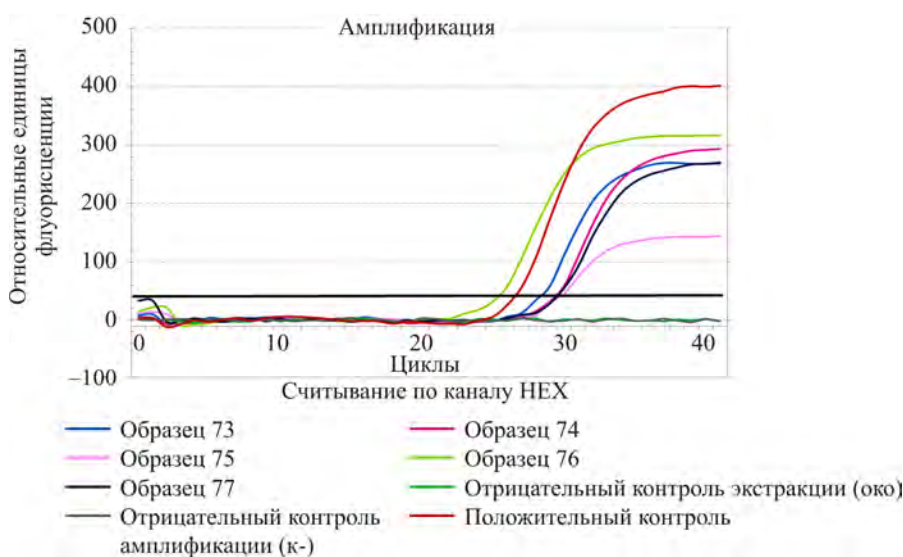


Рис. Кривые накопления флуоресцентного сигнала для образцов пищевой продукции под номерами 73–77 по каналу HEX по показаниям прибора CFX96

потребительской упаковке, что является информационной фальсификацией. Результаты определения содержания ДНК сои и элементов трансгенных конструкций в пищевых продуктах свидетельствуют о введении дополнительных соевых ингредиентов, которые не были декларированы в соответствующих документах как рецептурные компоненты.

Таким образом, проведенный анализ позволил установить, что информация, наносимая на этикетку пищевых продуктов, не всегда достоверна относительно ингредиентного состава. Данные случаи говорят о грубом нарушении Федерального закона «О защите прав потребителей» относительно достоверности потребительской информации. При этом отсутствие в маркировке пищевой продукции сведений о входящих в их состав компонентах не

соответствует требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки». Учитывая полученные результаты, необходимо совершенствовать контроль за наличием ГМО и растительных компонентов, используемых в качестве ингредиентов для пищевых производств, поскольку фальсификация пищевых продуктов может способствовать изменениям не только потребительских свойств готовой продукции, но и нанести вред здоровью потребителей.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Genome engineering and plant breeding: impact on trait discovery and development / F. Nogué, K. Mara, C. Colonnier, J.M. Casacuberta // *Plant. Cell. Rep.* – 2016. – Vol. 35, № 7. – P. 1475–1486. DOI: 10.1007/s00299-016-1993-z
2. Genetically modified (GM) crops: milestones and new advances in crop improvement / A. Kamthan, A. Chaudhuri, M. Kamthan, A. Datta // *Theor. Appl. Genet.* – 2016. – Vol. 129, № 9. – P. 1639–1655. DOI: 10.1007/s00122-016-2747-6
3. 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
4. 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
5. Brief 54: Global status of commercialized biotech/GM crops in 2018. Biotech crop continue to help meet the challenges of increased population and climate change [Электронный ресурс] // ISAAA. – 2018. – URL: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/54/default.asp> (дата обращения: 21.04.2020).
6. Status of dossiers [Электронный ресурс] // European Union Reference Laboratory for GM Food and Feed. – 2020. – URL: <https://gmo-crl.jrc.ec.europa.eu/StatusOfDossiers.aspx> (дата обращения: 21.04.2020).
7. GM Approval Database [Электронный ресурс] // ISAAA. – 2020. – URL: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/> (дата обращения: 21.04.2020).
8. 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
9. GM Approval Database. GM Crop Events List [Электронный ресурс] // ISAAA. – 2020. – URL: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/eventslist/default.asp> (дата обращения: 21.04.2020).
10. База данных ГМО [Электронный ресурс] // ГенБит. – 2020. – URL: <https://www.genbitgroup.com/ru/gmo/gmodatabase/> (дата обращения: 21.04.2020).
11. Самойлов А.В., Самойлова Е.А. Исследование продовольственного рынка Москвы и Московской области на присутствие продуктов с ГМО // *Синергия Наук.* – 2018. – № 28. – С. 1390–1396.
12. Долгих О.В., Кривцов А.В., Мазунина А.А. Особенности контаминации продуктов детского питания генетически-модифицированными организмами // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Пермь, 2019. – С. 317–321.
13. Yang Y.T., Chen B. Governing GMOs in the USA: science, law and public health // *J Sci Food Agric.* – 2016. – Vol. 96, № 6. – P. 1851–1855. DOI: 10.1002/jsfa.7523
14. Genetically modified seeds and plant propagating material in Europe: potential routes of entrance and current status / N. Rostoks, L. Grantina-Ievina, B. Ievina, V. Evelone, O. Valcina, I. Aleksejeva // *Heliyon.* – 2019. – Vol. 15, № 2. – P. e01242. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e01242
15. The assessment of field trials in GMO research around the world and their possible integration in field trials for variety registration / M.M. Slot, C.C.M. Van de Wiel, G.A. Kleter, R.G.F. Visser, E.J. Kok // *Transgenic Res.* – 2018. – Vol. 27, № 4. – P. 321–329. DOI: 10.1007/s11248-018-0076-z
16. GMO quantification: valuable experience and insights for the future / M. Milavec, D. Dobnik, L. Yang, D. Zhang, K. Gruden, J. Zel // *Anal. Bioanal. Chem.* – 2014. – Vol. 406, № 26. – P. 6485–6497. DOI: 10.1007/s00216-014-8077-0
17. Davison J., Ammann K. New GMO regulations for old: Determining a new future for EU crop biotechnology // *GM Crops. Food.* – 2017. – Vol. 8, № 1. – P. 13–34. DOI: 10.1080/21645698.2017.1289305
18. Genetically Modified Labeling Policies: Moving Forward or Backward? / B.J.P. Borges, O.M.N. Arantes, A.A.R. Fernandes, J.R. Broach, P.M.B. Fernandes // *Front. Bioeng. Biotechnol.* – 2018. – № 6. – P. 181. DOI: 10.3389/fbioe.2018.00181
19. Нормативно-правовые аспекты регулирования генетически модифицированных продуктов на территории Таможенного союза / А.А. Муратов, Н.В. Московенко, С.Л. Тихонов, Н.В. Тихонова, А.В. Курдюмов // *Агропродовольственная политика России.* – 2017. – № 3 (63). – С. 78–83.
20. Лебедева С.Н. Анализ рынка производителей и определение трансгенной сои в колбасных изделиях и полуфабрикатах, реализуемых в городе Улан-Удэ // *Современные тенденции развития науки и технологий.* – 2016. – № 2–1. – С. 54–57.
21. Гузеева А.А., Капитова И.А., Пальцев А.А. Ассортиментная фальсификация в мясных продуктах // *Научные исследования – сельскохозяйственному производству: материалы международной научно-практической конференции.* – Орел, 2018. – С. 293–296.

22. Detection and identification of genome editing in plants: challenges and opportunities / L. Grohmann, J. Keilwagen, N. Duensing, E. Dagand, F. Hartung, R. Wilhelm, J. Bendiek, T. Sprink // *Front. Plant. Sci.* – 2019. – Vol. 10. – P. 236. DOI: 10.3389/fpls.2019.00236

23. Current and new approaches in GMO detection: challenges and solutions / M.A. Fraiture, P. Herman, I. Taverniers, M. De Loose, D. Deforce, N.H. Roosens // *Biomed. Res. Int.* – 2015. – Vol. 2015. – P. 392872. DOI: 10.1155/2015/392872

Анализ содержания компонентов генетически модифицированных организмов как элемент риск-ориентированного надзора за безопасностью пищевых продуктов / Г.Ф. Мухаммадиева, А.Б. Бакиров, Д.О. Каримов, Э.Р. Кудояров, Л.Ш. Назарова, Я.В. Валова, М.М. Зиятдинова // Анализ риска здоровью. – 2020. – № 4. – С. 92–97. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.10

UDC 604.6: 613.2

DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.10.eng



Research article

ANALYSIS OF GMO CONTENTS AS A COMPONENT IN RISK-ORIENTED SURVEILLANCE OVER FOOD PRODUCTS SAFETY

G.F. Mukhammadieva, A.B. Bakirov, D.O. Karimov, E.R. Kudoyarov, L.Sh. Nazarova, Ya.V. Valova, M.M. Ziatdinova

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

Control over use of genetically modified products is a vital task within a risk-oriented model for surveillance over food safety products all over the world including the Russian Federation.

Our research goal was to examine domestically manufactured food products in order to determine whether they contained certain regulatory sequences typical for genetically modified organisms.

*We applied polymerase chain reaction with hybridization-fluorescent detection in real time mode to examine 77 food products samples; the task was to determine whether they contained DNA enhancer (E-35S) and promoter (P-35S) of S35 sequence belonging to cauliflower mosaic virus, terminator of nopaline synthase gene from *Agrobacterium tumefaciens* (T-NOS), 35S enhancer (E-FMV) and promoter (P-FMV) of Figwort mosaic virus, as well as vegetable DNA inducing soya DNA.*

When analyzing the extracted DNA, we didn't detect transgenic elements in any samples; however, there were vegetable components revealed in them including 68.8 % samples with soya DNA. We established that some sausages were falsified as they contained vegetable elements. In 15.6 % cases data on a product structure turned out to be false because soya DNA was not listed on consumer package. Our research on determining soya DNA and transgenic elements in food products indicates that soya ingredients have been added into food products in spite of their absence in relevant documents as recipe components.

© Mukhammadieva G.F., Bakirov A.B., Karimov D.O., Kudoyarov E.R., Nazarova L.Sh., Valova Ya.V., Ziatdinova M.M., 2020

Guzel' F. Mukhammadieva – Candidate of Biological Sciences, Senior researcher at the Department for Toxicology and Genetics with The Experimental Clinics for Laboratory Animals (e-mail: ufniiimt@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7456-4787>).

Akhat B. Bakirov – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director (e-mail: fbun@uniimtech.ru; tel.: +7 (347) 255-19-57; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6593-2704>).

Denis O. Karimov – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department for Toxicology and Genetics with The Experimental Clinics for Laboratory Animals (e-mail: karimovdo@gmail.com; tel.: +7 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0039-6757>).

El'dar R. Kudoyarov – Junior researcher at the Department for Toxicology and Genetics with The Experimental Clinics for Laboratory Animals (e-mail: ekudoyarov@gmail.com; tel.: +7 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2092-1021>).

Liliya Sh. Nazarova – Candidate of Medical Sciences, Researcher at the Department for Toxicology and Genetics with The Experimental Clinics for Laboratory Animals (e-mail: lilinaz19@mail.ru; tel.: +7 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9666-5650>).

Yana V. Valova – Junior researcher at the Department for Toxicology and Genetics with The Experimental Clinics for Laboratory Animals (e-mail: Q.juk@yandex.ru; tel.: +7 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6605-9994>).

Munira M. Ziatdinova – Junior researcher at the Department for Toxicology and Genetics with The Experimental Clinics for Laboratory Animals (e-mail: munira.munirovna@yandex.ru; tel.: +7 (347) 255-57-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1848-7959>).

All the obtained results taken into account, we assume it is necessary to improve control procedures for detecting genetically modified and vegetable components used as ingredients in food products as their falsification can make for changes not only in their consumer properties but also damage consumers' health.

Key words: genetically modified organisms, enhancers, promoter, terminators, polymerase chain reaction, DNA soya, vegetable DNA, falsification, food products safety.

References

1. Nogué F., Mara K., Collonnier C., Casacuberta J.M. Genome engineering and plant breeding: impact on trait discovery and development. *Plant. Cell. Rep.*, 2016, vol. 35, no. 7, pp. 1475–1486. DOI: 10.1007/s00299-016-1993-z
2. Kamthan A., Chaudhuri A., Kamthan M., Datta A. Genetically modified (GM) crops: milestones and new advances in crop improvement. *Theor. Appl. Genet.*, 2016, vol. 129, no. 9, pp. 1639–1655. DOI: 10.1007/s00122-016-2747-6
3. 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
4. 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
5. Brief 54: Global status of commercialized biotech/GM crops in 2018. Biotech crop continue to help meet the challenges of increased population and climate change. ISAAA, 2018. Available at: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/54/default.asp> (21.04.2020).
6. Status of dossiers. *European Union Reference Laboratory for GM Food and Feed*, 2020. Available at: <https://gmo-crl.jrc.ec.europa.eu/StatusOfDossiers.aspx> (21.04.2020).
7. GM Approval Database. ISAAA, 2020. Available at: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/> (21.04.2020).
8. 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
9. GM Approval Database. GM Crop Events List. ISAAA, 2020. Available at: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/eventslist/default.asp> (21.04.2020).
10. Baza danykh GMO [GMO database]. *GenBit*, 2020. Available at: <https://www.genbitgroup.com/ru/gmo/gmodatabase/> (21.04.2020) (in Russian).
11. Samoilov A.V., Samoilova E.A. A study of the food market of Moscow and Moscow region for the presence of GMO products. *Sinergiya Nauk*, 2018 no. 28, pp. 1390–1396 (in Russian).
12. Dolgikh O.V., Krivtsov A.V., Mazunina A.A. Osobennosti kontaminatsii produktov detskogo pitaniya geneticheski-modifitsirovannymi organizmami [Peculiarities of baby food contamination with genetically modified organisms]. *Aktual'nye voprosy analiza riska pri obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya i zashchity prav potrebitel'ei: materialy IX Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*, Perm, 2019, pp. 317–321 (in Russian).
13. Yang Y.T., Chen B. Governing GMOs in the USA: science, law and public health. *J. Sci. Food. Agric.*, 2016, vol. 96, no. 6, pp. 1851–1855. DOI: 10.1002/jsfa.7523
14. Rostoks N., Grantiņa-Ieviņa L., Ieviņa B., Evelone V., Valciņa O., Aleksejeva I. Genetically modified seeds and plant propagating material in Europe: potential routes of entrance and current status. *Heliyon*, 2019, vol. 15, no. 2, pp. e01242. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e01242
15. Slot M.M., Van de Wiel C.C.M., Kleter G.A., Visser R.G.F., Kok E.J. The assessment of field trials in GMO research around the world and their possible integration in field trials for variety registration. *Transgenic Res.*, 2018, vol. 27, no. 4, pp. 321–329. DOI: 10.1007/s11248-018-0076-z
16. Milavec M., Dobnik D., Yang L., Zhang D., Gruden K., Zel J. GMO quantification: valuable experience and insights for the future. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2014, vol. 406, no. 26, pp. 6485–6497. DOI: 10.1007/s00216-014-8077-0
17. Davison J., Ammann K. New GMO regulations for old: Determining a new future for EU crop biotechnology. *GM Crops Food*, 2017, vol. 8, no. 1, pp. 13–34. DOI: 10.1080/21645698.2017.1289305
18. Borges B.J.P., Arantes O.M.N., Fernandes A.A.R., Broach J.R., Fernandes P.M.B. Genetically Modified Labeling Policies: Moving Forward or Backward? *Front. Bioeng. Biotechnol.*, 2018, no. 6, pp. 181. DOI: 10.3389/fbioe.2018.00181
19. Muratov A.A., Moskovenko N.V., Tikhonov S.L., Tikhonova N.V., Kurdyumov A.V. Normativno-pravovye aspekty regulirovaniya geneticheski modifitsirovannykh produktov na territorii tamozhennogo soyuza [Legal aspects in regulation over genetically modified products on the Customs Union territory]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii*, 2017, vol. 63, no. 3, pp. 78–83 (in Russian).
20. Lebedeva S.N. Analiz rynka proizvoditelei i opredelenie transgennoi soi v kolbasnykh izdeliyakh i polufabrikatakh, realizuemykh v gorode Ulan-Ude [Analysis of manufacturers market and transgenic soya determination in sausages and semi-finished products sold in Ulan-Ude]. *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii*, 2016, no. 2–1, pp. 54–57 (in Russian).
21. Guzeeva A.A., Kapitova I.A., Pal'tsev A.A. Product adulteration in meat products. *Nauchnye issledovaniya – sel'skokhozyaistvennomu proizvodstvu: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, Orel, 2018, pp. 293–296 (in Russian).
22. Grohmann L., Keilwagen J., Duensing N., Dagand E., Hartung F., Wilhelm R., Bendiek J., Sprink T. Detection and identification of genome editing in plants: challenges and opportunities. *Front. Plant. Sci.*, 2019, vol. 10, pp. 236. DOI: 10.3389/fpls.2019.00236
23. Fraiture M.A., Herman P., Taverniers I., De Loose M., Deforce D., Roosens N.H. Current and new approaches in GMO detection: challenges and solutions. *Biomed. Res. Int.*, 2015, vol. 2015, pp. 392872. DOI: 10.1155/2015/392872

Mukhammadieva G.F., Bakirov A.B., Karimov D.O., Kudoyarov E.R., Nazarova L.Sh., Valova Ya.V., Ziatdinova M.M. Analysis of gmo contents as a component in risk-oriented surveillance over food products safety. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 4, pp. 92–97. DOI: 10.21668/health.risk/2020.4.10.eng

Получена: 14.05.2020

Принята: 11.11.2020

Опубликована: 30.12.2020