

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-1-62-70><https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДЛИННОСТИ КУРКУМЫ

Вострикова Н. Л.\*, Минаев М. Ю., Чиковани К. Г.

Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** куркума, металлы, хром, хромат свинца, ДНК, фальсификация состава

## АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрена проблематика нестабильности состава готовой молотой специи — куркума. Дан анализ наиболее распространенных способов фальсификации куркумы и веществ, применяемых для этих целей. Дана визуальная оценка цветовых оттенков корня куркумы, специй ее содержащих и химических красителей на основе солей хрома. Проведены исследования по содержанию свинца и хрома, с целью изучения содержания этих металлов и проверки гипотезы использования хромата свинца в качестве красителя при фальсификации куркумы. Методом электротермической атомно-абсорбционной спектрометрии установлено, что содержание свинца в исследованных образцах куркумы изменялось в пределах от  $1,72 \pm 0,58$  до  $5,03 \pm 1,80$  мг/кг, а содержание хрома варьировалось в диапазоне от  $5,56 \pm 0,85$  до  $16,15 \pm 2,32$  мг/кг. В результате проведения видоспецифической ПЦР была выявлена ДНК пшеницы во всех закупленных образцах молотой куркумы. Установлены уровни подмены основного сырья, которые составили от 0,14% до 14,95% с коэффициентом корреляции близким к 100%, эффективность реакции составила 1,95 что в процентном отношении составляет 97,5%. Такие уровни незаявленного в составе продукта аллергена могут вызывать серьезную аллергическую реакцию. Проверена гипотеза внесения солей натрия и калия, для коррекции цветовой гаммы готовой специи и соответствия ее натуральному цвету цветовой гамме куркумы. В результате комплексного изучения состава специи, обнаружены достаточно высокие значения хрома, предположительно не только из соединения хромата свинца, но и солей хромовой кислоты, т. к. было обнаружено высокое значение металла калия, значительно превышающее нативное содержание данного элемента.

Available online at <https://www.fsjour.com/jour>

Original scientific article

# DETERMINING THE AUTHENTICITY OF TURMERIC

Natal'ya L. Vostrikova\*, Mihail Yu. Minaev, Kristina G. Chikovani

V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**KEY WORDS:** turmeric, metals, chromium, lead chromate, DNA, falsification of composition

## ABSTRACT

The paper examines the problem of the composition instability in the ready ground spice, turmeric. Analysis of the prevalent methods for turmeric adulteration and substances used for these purposes is given. The visual assessment of color tints of the turmeric root, spices containing it and chemical dyes based on chromium salts is presented. The studies on determination of the lead and chromium content were carried out to study the content of these metals and test the hypothesis of using lead chromate as a dye in adulteration of turmeric. Using the method of electrothermal atomic absorption spectroscopy, it was found that the lead content in the analyzed turmeric samples varied from  $1.72 \pm 0.58$  to  $5.03 \pm 1.80$  mg/kg, while the chromium content was in a range of  $5.56 \pm 0.85$  to  $16.15 \pm 2.32$  mg/kg. As a result of species specific PCR, wheat DNA was revealed in all purchased samples of ground turmeric. The levels of the main raw material replacement were established, which were 0.14% to 14.95% with the correlation coefficient close to 100%; efficiency of the reaction was 1.95, which was 97.5% when expressed as percentage. These levels of an undeclared allergen in the product composition can cause a serious allergic reaction. The authors tested the hypothesis of introduction of sodium and potassium salts for correction of the color spectrum in the ready spice and its correspondence to the natural color within the color spectrum of turmeric. As a result of the complex study of the spice composition, quite high values of chromium were found, presumably not only from the lead chromate compound but also from chromic acid salts, as the high level of potassium that significantly exceeded the native content of this element was found.

## 1. Введение

Пряности — это группа вкусовых товаров растительного происхождения, добавляемых к пище в незначительных количествах для придания ей устойчивого аромата и/или характерного жгучего привкуса, особенно усиливающихся при нагревании. Вкус еды во многом зависит от правильного подбора пряностей. Пища усваивается гораздо лучше благодаря пикантному и приятному аромату пряностей [1].

Однако стоит отметить, что изучение состава и подтверждение подлинности специй не является предметом для многочисленных исследований, поэтому изучение данной

группы продукции представляется интересным. Одной из наиболее популярных специй в последнее время, которые мы употребляем в качестве добавки к пище, является куркума.

Куркума (лат. *Cúrcuma* англ. turmeric) — род многолетних травянистых растений из семейства имбирных *Curcuma longa L. Zingiberaceae*, которая растет в тропических и субтропических регионах по всему миру и обладает высокой пищевой ценностью (Рисунок 1). Индия является основным производителем и экспортером куркумы в мире. Она широко используется в качестве специи для ароматизации, а также

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Вострикова, Н.Л., Минаев М. Ю., Чиковани, К.Г. (2021). Определение подлинности куркумы. Пищевые системы, 4(1), 62–70. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-1-62-70>

FOR CITATION: Vostrikova, N.L., Minaev, M. Yu., Chikovany, K.G. (2021). Determining the authenticity of turmeric. Food systems, 4(1), 62–70. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-1-62-70>

в качестве натурального красителя, используется в косметике и как краситель, помимо того, что она является потенциальным источником терапевтически важных молекул. Порошок куркумы содержит 2–8% куркумина, который является основным биологически активным фитохимическим соединением [2]. Фирменный оранжево-желтый цвет придает карри, напиткам и выпечке особенную яркую окраску. Свежий корень куркумы, как и корень имбиря, имеет тонкую несъедобную кожуру, которая легко снимается, обнажая оранжевую мякоть. Сырая куркума мягче из-за содержания воды в корне. Она используется не только в кулинарии, но и в качестве красителя для одежды. Ведущими коммерческими производителями куркумы являются Индия, Индонезия, Китай, Филиппины, Тайвань, Гаити и Ямайка [3].

Куркума — это незаменимая специя, которую многие люди потребляют ежедневно в Южной Азии. Специя имеет лекарственное применение, потенциально может лечить воспаление и оказывать заживляющее действие при многих заболеваниях, включая рак [4].



**Рисунок 1.**  
Внешний вид корня куркумы и порошка из него [5]

До недавнего времени была популярна эта пряность в азиатской и индийской кухне. В последние годы, из-за способности контролировать аппетит и повышать защитные свойства организма, стала востребована по всему Миру. Куркума применяется не только в кулинарии в качестве специи, но и как лекарственное средство и натуральный краситель. Благодаря наличию в составе куркумина, цингеберона, сабинена, борнеола и других полезных веществ, эта пряность применяется для лечения желудка, поджелудочной железы и желчного пузыря, легочных заболеваний. Куркума улучшает работу почек, помогает при остеоартрозе и ревматоидном артрите. Экспериментальным путем получены данные об эффективности воздействия куркумина на раковые клетки. Он способен подавлять онкологию крови, мозга, легких, кожи, груди, кишечника, почек и печени [6].

Соответственно уровень потребления этой пряности достаточно высокий. Ее добавляют в традиционные блюда, в масла при жарке, употребляют в лечебных и профилактических целях. Куркума является очень востребованной пряностью. Популярны же пищевые продукты и добавки наиболее часто подвергаются фальсификации.

Многими зарубежными авторами указывается на факт обнаружения фальсификации порошка куркумы другими растительными добавками, такими как крахмал из тапиоки, крахмальной мукой из клубней маранты и низкокуркуминсодержащих видов куркумы [7]. Виды куркумы, главным образом используемые для фальсификации — это *C. zedoaria* Rosc. или *C. malabarica* [8]. Их загрязнение в порошке курку-

мы может представлять опасность для здоровья населения. Обычные аналитические методы, такие как микроскопия, спектрофотометрия, тонкослойная хроматография и т. д. не позволяют идентифицировать эти примеси в порошке куркумы [9].

Для обнаружения фальсифицированных ингредиентов в сложных смешанных пищевых продуктах были разработаны различные технологии, такие как сенсорные, физико-химические, хроматографические, спектроскопические и ДНК-методологии. Обычно считается, что ДНК достаточно стабильна, чтобы выдерживать различные химические обработки и высокие температуры, и даже небольшие количества ДНК можно обнаружить с помощью специфических праймеров.

Очевидно, наиболее распространенным методом идентификации сортовой замены является ПЦР метод по охарактеризованной последовательности амплифицированного участка ДНК. Авторами [9,10] была установлена замена, низкокуркуминсодержащими видами куркумы *C. zedoaria* Rosc и *C. malabarica* в порошке куркумы. На основании данного исследования был разработан метод штрих-кодирования ДНК для идентификации различных примесей и наполнителей, авторы использовали базы данных штрих-кодов в GenBank и BOLD. Последовательности штрих-кодов, сгенерированные в этом исследовании, были помещены в базу данных NCBI в качестве вклада в создание универсальной библиотеки штрих-кодов. Немаркированные материалы в порошке куркумы рассматриваются как наполнители, добавляемые для увеличения насыпного веса и содержания крахмала в товаре с целью получения экономической выгоды. Это представляет потенциальную опасность для здоровья потребителей, страдающих аллергией на эти растения, снижая лекарственную ценность продукта и опровергая утверждение о том, что продукт не содержит глютена. Исследование доказало, что штрих-кодирование ДНК является эффективным инструментом для тестирования целостности и подлинности коммерческих продуктов из куркумы. В аналогичном исследовании авторами [11] разработаны три набора праймеров, нацеленных на гены хлоропластов, как для *C. longa*, так и для *Z. mays*. Для оценки количества присутствующих видов-мишеней были построены стандартные кривые с использованием рекомбинантной плазмидной ДНК и бинарных смесей ДНК. Специфичность разработанных праймеров была подтверждена еще десятью видами. Слепой анализ проб подтвердил эффективность ПЦР метода для выявления продуктов *Z. mays*, добавленных для получения экономической прибыли. Так же сравнительно не давно была опубликована работа авторов [12], в которой продемонстрирована разница между натуральным экстрактом куркумы *C. longa* и синтетическим куркумином с помощью метода ВЭЖХ-PDA на основании определения синтетических промежуточных продуктов куркумина. Этот метод дает высокодостоверное разделение и чувствительность на уровне предела обнаружения от 1% синтетического куркумина в экстракте куркумы. Аналогичные исследования так же представлены в работах [13].

Поскольку вид *C. zedoaria* более дешевый и легко доступен, производители порошка куркумы могут смешать его с *C. longa*. Куркума *C. zedoaria*, как сообщается [14], токсична, и если ее смешать с порошком куркумы, она снижает лекарственную ценность куркумы, тем самым подрывая доверие потребителей и представляя опасность для здоровья [10].

Производители, для снижения себестоимости, небольшое количество настоящего порошка смешивают с подкрашенной глиной, песком, землей и мукой, что является фальсификацией продукта. Кроме того, при производстве,

для придания оригинального цвета, применяют токсичные красители, такие как судан и хромат свинца, метаниловый желтый. Долгое употребление данных веществ наносит вред здоровью, приводит к нарушениям работы центральной нервной и систем органов. Для определения подлинности куркумы применяют различные методы. Было установлено, что метаниловый желтый меняет цвет в кислой среде. Рекомендовано проверять ее подлинность внесением в нее какой-либо кислоты, например, лимонной, если означенный краситель присутствует, приправа покраснеет [15]. При разбавлении исходного продукта заменителем многие производители корректируют его характерные свойства, в частности, цвет пряности. Куркума обладает насыщенным ярко-желтым цветом. Схожим цветом обладают соли шестивалентного хрома или, иначе говоря, хроматы. Это могут быть как хроматы калия и натрия, так и хроматы свинца. В качестве наполнителей могут использовать от нейтральных производных целлюлозы до пшеничной муки, которая, как известно, для некоторых людей является сильнейшим аллергеном.

Это обстоятельство еще раз подчеркивает, что фальсификация продукции всегда сказывается на его безопасности. Это не просто подмена дорогостоящего компонента. При этом опасный фактор в таком продукте надзорными органами не выявляется, потому что его обнаружение в данном конечном продукте не предусмотрено.

Наиболее опасным фальсифицирующим агентом в данном случае является хромат свинца.

Хромат свинца, химическое соединение, содержащее свинец и хром, представляет собой желтый пигмент, который может увеличить яркость вещества. Обладает свойством нейротоксина, при проглатывании или вдыхании его паров. Эксперты считают свинец небезопасным в любом количестве, поскольку он приводит к когнитивным дефектам. Обычно производители используют хромат свинца для придания желтым и оранжевым маслам и краскам их цвета [16,17,18].

Воздействие свинца на организм человека является серьезной проблемой общественного здравоохранения во всем мире. В последнее время активно проводятся исследования по изучению его антропогенных воздействий на человека и животных, миграции по трофологической цепочки «от фермы до вилки» [19]. Было много работ посвящено изучению тетраэтилсвинца, поступающего из этилированного бензина и моторного масла и пестицидов в продукты питания, особенно в продукцию животноводства.

Фальсификация специй в настоящее время, как показывает лабораторная практика, является достаточно частым фактом, а добавление токсичных веществ в специи является широко распространенным. При этом хромат свинца, запрещен в качестве пищевой добавки.

На сегодняшний день существует не так много методов определения хромата свинца. Разработан и валидирован рентгеноструктурный метод качественного определения фальсификации хромата свинца в порошке куркумы, с пределом обнаружения 0,5% от внесенного количества [20]. Однако широкую применимость данная методология в пищевых лабораториях найдет достаточно не скоро, ввиду небольшого распространения в практике применения рентгенографических методов, которые используются в основном при анализе неорганических субстанций и биообъектов животного и растительного происхождения.

Вопрос о том, как отличить настоящую куркуму от подделки, достаточно не простой, но очень актуальный ведь от качества приправы во многом зависит вкус конечного блюда. Хотя куркума относится к группе бюджетных специй (так чистая куркума как раз недешева, на сайте продуктов iHerb 41г стоит порядка 345 руб), она чаще всего становится

объектом подделки. Причем от приобретения некачественного товара никто не застрахован, поскольку уже изобрели множество вариантов замены натурального продукта низкопробным аналогом. Поэтому в данной работе авторами изучены наиболее распространенные способы подделки товара, представлены признаки, по которым можно отличить оригинальный продукт, какими правилами руководствоваться во время покупки популярной пряности. Если в древности стоимость куркумы была сравнима с ценой благородного металла, то есть золота, то сегодня купить пряный продукт может себе позволить потребитель с любым уровнем дохода. Но, при этом, доступность специи стимулировала не только рост ее популярности, но также появление огромного числа подделок, которые не имеют ничего общего с натуральной куркумой, что объясняется чисто коммерческим интересом.

Необходимо отметить, что не только куркума является объектом, который часто подделывают. Сегодня подделываются практически все восточные специи, используют много вариантов замены настоящего продукта на сомнительный аналог. Ниже приведены наиболее часто встречающиеся методы подделки.

*Замена куркумы мукой, окрашенной пищевым красителем.* Это самый простой и распространенный способ фальсификации. Но при этом в случае подобной замены достаточно просто это определить, в связи с тем, что крашенная мука не имеет запаха.

*Добавление в натуральный порошок смеси из крахмала и муки.* При таком способе фальсификации обычно используется пропорция 1:3, то есть берется одна часть оригинальной специи и разводится тремя частями муки с крахмалом. Подобная смесь издает слабый аромат, но отличается более рассыпчатой консистенцией. Часто в поддельной смеси обнаруживаются оранжевые комочки, что не характерно для настоящей куркумы. Порой подделка оригинального продукта бывает настолько искусной, что визуально ее отличить невозможно [21]. Авторами Macêdo, I. Y. L. D. и др был предложен инструментальный метод обнаружения крахмала в порошке куркумы [22]. В этой работе проведены масштабные исследования по определению чистоты порошка куркумы методом инфракрасного преобразования Фурье с диффузным отражением (DRIFT). При анализе куркумы методом DRIFT, наблюдаемые различия в спектрах образцов куркумы, показали большую корреляцию с содержанием в них крахмала. Авторами отмечено, что незначительные добавки крахмала могут трудно обнаруживаться из-за естественного изменения содержания крахмала в куркуме, однако куркума по содержанию крахмала со значениями выше 10% (по объему) можно считать фальсифицированным.

В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы являлось определение состава куркумы различными методами исследований, которые наиболее внедрены в лабораторную практику и являются рутинными.

## 2. Материалы и методы

Исследования проведены на базе научно-исследовательского испытательного центра ФГБУ «ФНЦ пищевых систем им.В.М. Горбатова» РАН, при непосредственном участии авторов настоящей статьи.

В качестве опытных образцов использована куркума, закупленная в торговых точках (Москвы и Смоленска), а также в розничной сети упакованной фирмой-производителем, всего было проанализировано более 10 разных образцов.

Для проведения сравнительной характеристики 10 образцов куркумы были использованы современные методики определения хрома и ПЦР диагностики, а именно:

- определение хрома методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии по [23].
- определение свинца методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии по МУК [24].
- определение натрия и калия по [25,26].

2.1 Исследование ПЦР диагностики.

*Выделение ДНК.* Для выделения ДНК из объектов исследования отбирали по 100 мг от каждого из 10 образцов. Выделение ДНК проводили на станции выделения MagNA Pure LC2.0 (Roche, Germany) с использованием набора для выделения MagNa Pure LC DNA Isolation Kit II (Tissue) (Roche, Germany).

*Условия проведения ПЦР в реальном времени.* Для выявления ДНК митохондриального генома животных методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с гибридационно-флуоресцентной детекцией в режиме «реального времени» использовали тест-системы согласно МР 4.2.0019–11 [27]. В состав тест-системы входит реакционная смесь специфических праймеров и зонда, фланкирующие фрагмент гена субъединицы I цитохром С оксидазы (COI). Последовательности были подобраны в базе данных GenBank [28]. Для дизайна праймеров использовались программы Primer-BLAST [29] и OligoAnalyzer 3.1 [30]. Температуры плавления ( $T_m$ ) конечных ампликонов оценивались с использованием uMelt<sup>SM</sup> software согласно термодинамической модели Blake & Delcourt [31]. Праймеры и зонд выбраны с учетом требований, предъявляемых к праймерам и зондам.

Подготовку образцов к ПЦР в реальном времени проводили по инструкции к тест-системе, амплификационная смесь объемом 30 мкл включала в себя 2 мкл смеси праймеров и зонда (праймеры концентрацией 6 пмоль/реак, зонд 3 пмоль/реак), 10 мкл 2,5х реакционной смеси (содержит: 2,5х ПЦР буфер Б (KCl, ТрисHCl pH- 8,8, 6.25 mM MgCl<sub>2</sub>), SynTaq ДНК-полимеразу, dNTP, глицерол, Tween 20), 16 мкл H<sub>2</sub>O и 2 мкл выделенной ДНК. Реакцию проводили на амплификаторе АНК-32 (ЗАО «Синтол»). Условия ПЦР включали предварительную денатурацию при 95 °С — 900 сек. и 35 циклов амплификации (60 °С — 40 сек. и 95 °С — 15 сек.) Более подробно протоколы опубликованы в работах [32, 33].

3. Результаты и обсуждение

На первом этапе исследований представлялось интересным сравнить цветовую гамму приобретенной куркумы.

Природный оттенок куркумы в норме варьирует от легкого золотистого до насыщенного оранжевого цвета. Аналогично обычно выглядят бледнее, в их цветовой гамме преобладают светло-рыжие тона.

По цветовой гамме невооруженным глазом были видны различия в цвете куркумы, представленные на Рисунке 2. Но поскольку расхождения в цветовой гамме все же не показательный результат, и судить о несоответствии состава не корректно. В связи с этим, проведены исследования по содержанию хрома и свинца в опытных образцах.

В результате проведенного исследования было изучено содержание хрома и свинца в опытных образцах куркумы. Полученные данные представлены в Таблице 1.

В результате полученных исследований установлено, среднее значение хрома по всем исследованным образцам было на уровне 9 мг/кг, при этом содержание варьировалось в диапазоне от 5,5 до 16 мг/кг.

Содержание хрома в куркуме не нормируется в нормативной документации РФ, какие-либо усредненные данные в публикациях и интернет пространстве представлены скудно. Нормирование уровня хрома представлено только в консервированной продукции и желатине. В России принята

ПДК хрома в продуктах питания 0,5 мг/кг (хромированная тара), в продуктах питания детей — 0,1 мг/кг, в напитках — 0,05 мг/кг по ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 027/2012, а по ТР ТС 034/2013 — 10,0 мг/кг [34,35,36].

Таблица 1

Содержание массовой доли хрома и свинца в исследуемых образцах куркумы

№ п/п	Содержание хрома, мг/кг	Содержание свинца, мг/кг
1	9,44 ± 1,38	5,62 ± 1,97
2	5,96 ± 0,89	3,72 ± 1,30
3	16,15 ± 2,32	4,63 ± 1,63
4	7,20 ± 1,10	1,88 ± 0,66
5	6,44 ± 1,08	4,62 ± 1,63
6	5,56 ± 0,85	2,72 ± 1,00
7	10,15 ± 1,52	5,03 ± 1,80
8	7,70 ± 1,21	2,80 ± 0,96
9	9,04 ± 1,28	3,66 ± 1,38
10	9,96 ± 1,59	1,72 ± 0,58

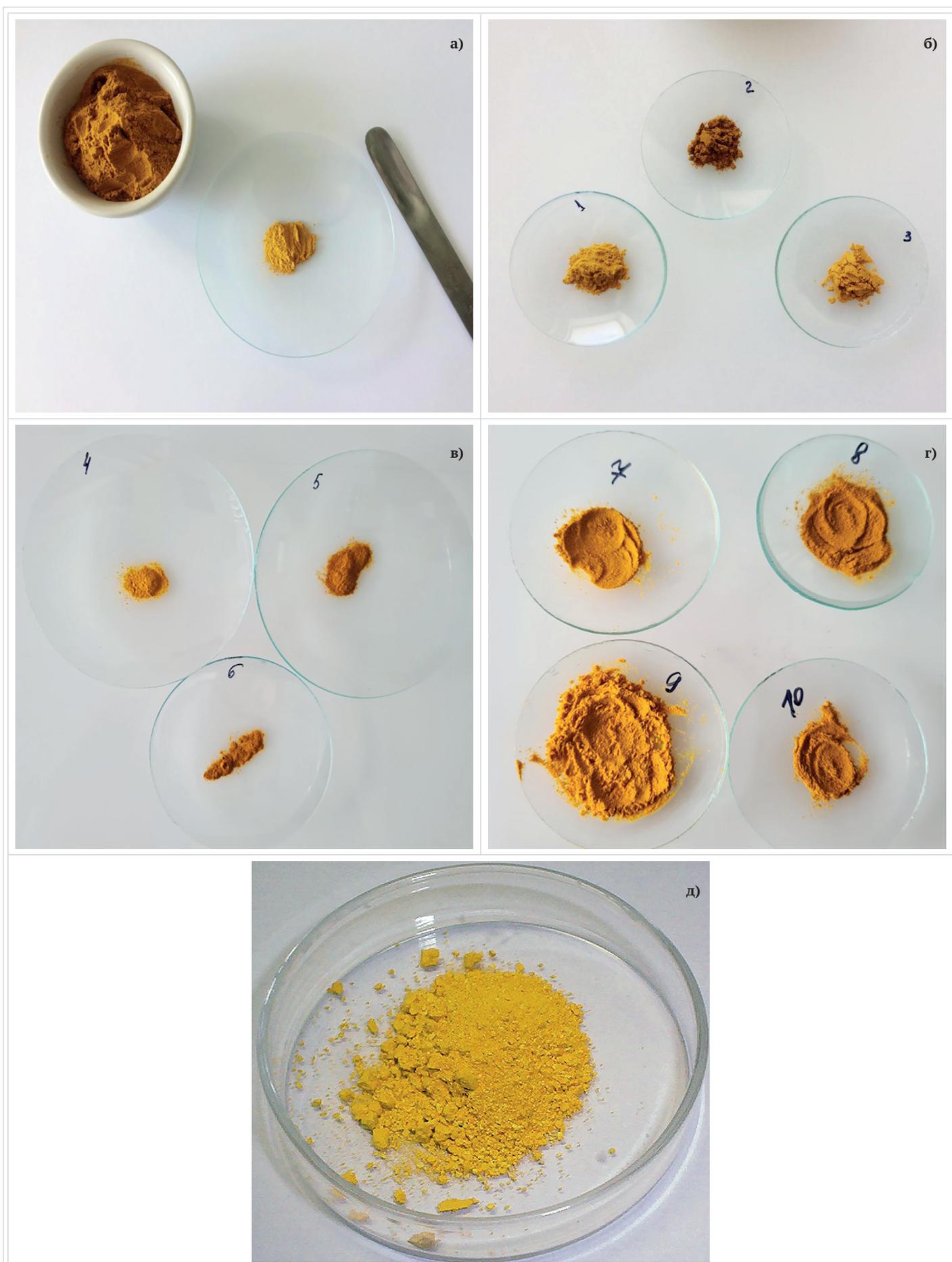
По данным ФАО/ВОЗ, чаще всего в растениях содержится хрома 20–50 мкг/кг. Были обнаружены в продуктах и растениях следующие количества хрома: во фруктах — 0–200 мкг/кг, в овощах — 0–360 мкг/кг, в злаках — 10–520 мкг/кг, в молоке — 10 мкг/кг, в мясопродуктах — 20–560 мкг/кг, в морепродуктах — 10–440 мкг/кг [37]. Таким образом, сделать однозначное заключение о вреде хрома в куркуме не представляется возможным, как и расчёт экспозиции воздействия на организм, ввиду малого потребления данной специи и отсутствия норм ПДК. Однако полученные значения достаточно высоки от справочного содержания в общепотребляемых продуктах, что, несомненно, дает пищу для размышления.

Отравление свинцом остается серьезной проблемой общественного здравоохранения, особенно для маленьких детей в развивающихся странах. Как было отмечено выше, использование подкрашивания куркумы хроматом свинца отмечено в Бангладеш [18]. Поскольку в России тенденции изменения рациона питания не стоят на месте, особенно в городах мегаполисах, мы зачастую видим тенденцию добавлять куркуму не только при приготовлении блюд подвергнутых продолжительной термической обработке (запекание, тушение, варка), но и при приготовлении сладостей (без термической обработки) и в напитки. Что в свою очередь так же может повлечь аккумуляцию вредного свинца в организме человека, при продолжительном употреблении продуктов, содержащих куркуму.

В связи с чем, были так же проведены исследования по содержанию свинца в опытных образцах куркумы. В ТР ТС 021/2011 [34] уровень ПДК составляет для свинца 5,0 мг/кг. Практически все образцы не превышали данный уровень, за исключением образцов под №№ 1 и 7, в которых незначительно было установлено превышение на 0,62 мг/кг и 0,03 мг/кг соответственно.

Дополнительно были проведены так же исследования по изучению состава опытных образцов куркумы, а именно содержание пшеничной муки, т. к. по литературным источникам такой факт фальсификации был зафиксирован.

Для того чтобы подтвердить или опровергнуть подмену пряности пшеничной мукой и определить уровень подмены была проведена полимеразная цепная реакция (ПЦР) со специфическими праймерами к группе злаковых растений, содержащих аллергенные белки — глютен, в некоторых опытных образцах куркумы. В дальнейшем, для подтверждения замены именно пшеничной мукой была поставлена видоспецифическая реакция на пшеницу.



**Рисунок 2.** Опытные образцы куркумы и хромат свинца (различия в окрашивании заметны невооруженным глазом):  
 а, б, в, г — опытные образцы куркумы, д — хромат свинца

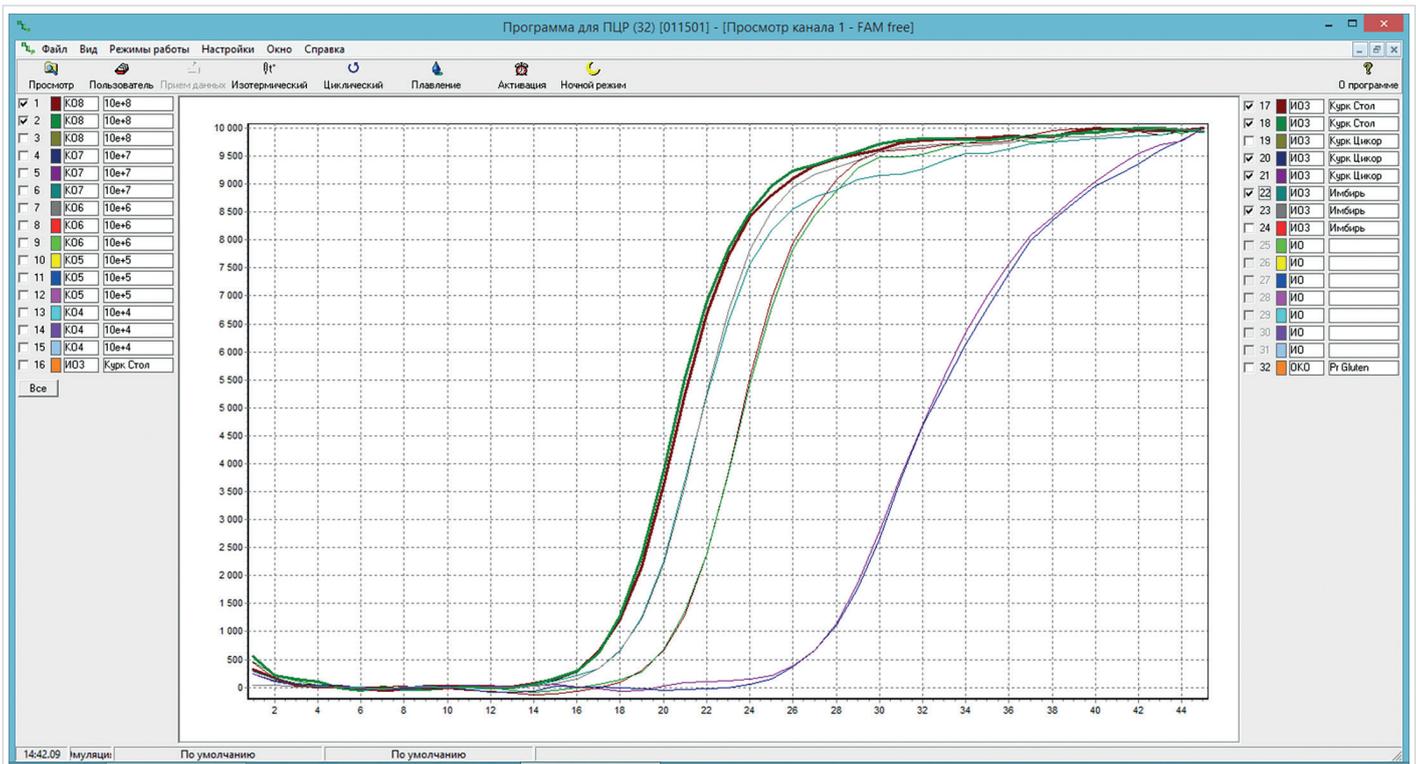


Рисунок 3. Кривые амплификации ДНК злаковых

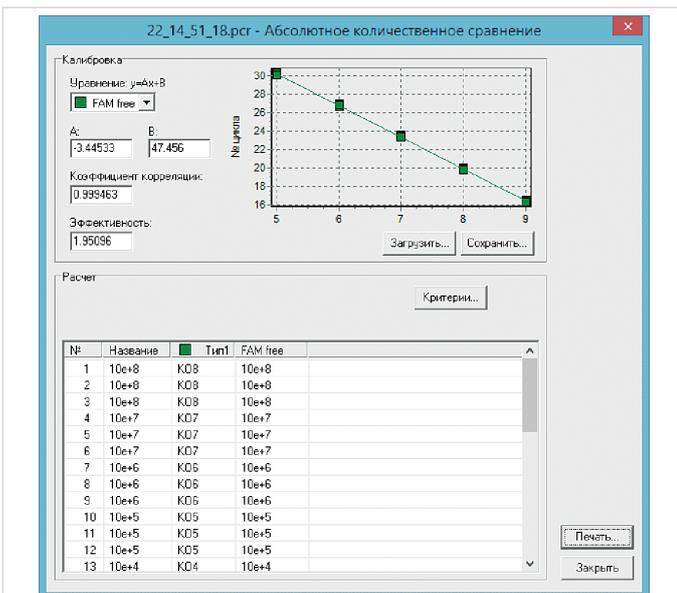


Рисунок 4. Расчет эффективности ПЦР с использованием видоспецифических праймеров к пшенице

Как видно из Рисунок 3, во всех пробах пряностей обнаружена ДНК глютен содержащих злаковых. Для расчета количества содержания фальсифицирующей добавки построена калибровочная кривая. В качестве эталона была взята ДНК, выделенная из зерен пшеницы и ее десятикратные разведения.

Как видно из Рисунок 4, коэффициент корреляции близок к 100%, эффективность реакции составила 1,95 что в процентном отношении составляет 97,5%, что в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым к количественной ПЦР.

Из результатов анализа видно, что в образце куркумы № 1 содержалось почти 14,95% ДНК злаковых. В образце куркумы № 2 ее было немного – 0,14%, однако и это на первый взгляд небольшое количество может вызвать аллергию у отдельных групп населения.

Наибольшее количество подмены обнаружено в образце № 1, около 15% от массы.

Видоспецифическая реакция на ДНК пшеницы подтвердила, что в образцах пряностей содержалась именно пшеничная мука.

Разумеется, такое количество подмены основного сырья требует корректировки свойств конечного продукта.



Рисунок 5. Расчет количества ДНК злаковых в исследуемых образцах по калибровочной кривой

В связи с тем, что были образцы, в которых обнаружены подмены пшеничной муки, а именно образец № 1, и по содержанию хрома и свинца в нем обнаружены значимые количества элементов, логично предположить, что в своем составе для придания окраски продукту был использован хромат свинца.

При этом некоторые из исследованных образцов не коррелировали с высоким содержанием свинца и хрома, а именно образец под № 4, но присутствие ДНК пшеницы было выявлено на достаточно высоком уровне, дополнительно проведены исследования на содержание калия и натрия, т. к. соли хромовых кислот этих элементов так же обладают специфическим оранжево-желтым цветом.

Так в образце № 4 были обнаружены калий в количестве 693,18 мг/кг, а натрия 5060,35 мг/кг, при справочном содержании данных элементов на уровне 2000 мг/кг — калия и 280 мг/кг — натрия. Что, в свою очередь, может служить подтверждением окрашивания данного образца солями хромата натрия, а не хроматом свинца.

#### 4. Выводы

В условиях повышенного антропогенного загрязнения чрезвычайно достаточно остро стоит проблема производства экологически чистых продуктов питания. В настоящее время ассортимент специй, пряностей и их композиций достаточно широк и включает целую гамму веществ, которые могут угрожать здоровью населения, и мы применяем их как в промышленном производстве, так и в быту широк. Основную опасность для человеческого организма представляет содержание в продуктах питания ксенобиотиков химического (к примеру, металлы) и биологического происхождения (к примеру, наличие чужеродной ДНК).

В ходе проведенного исследования было выявлено, что в образцах куркумы, содержались значительные коли-

чества хрома, в определенных образцах различающиеся в несколько раз. При этом следует учитывать, что данные в литературе о природном содержании данного металла представлены скудно, за частую в справочниках стоит прочерк, или сноски, что не исследовался при изучении элементного состава. Содержание свинца в двух образцах превышало установленное ПДК, и в среднем было достаточно высоким.

Следует обратить внимание, что по действующему законодательству, необходимо указывать о наличии возможных аллергенов в составе. Таким образом, установленное методом ПЦР внесение пшеницы, содержащей глютен, в качестве аллергена, является как нарушением законодательства, так и несет в себе безопасность здоровью потребителя.

Таким образом, рассмотренный комплекс исследований авторами в настоящей статье по составу куркумы приоткрыл, лишь часть информации о продукте. Наличие незаявленных ингредиентов в исследованных образцах однозначно можно интерпретировать как нарушение ТР ТС 022 о маркировке пищевой продукции. Однако оценить допустимый вред здоровью и степень воздействия на организм вследствие обнаружения в нем хроматов калия, натрия и свинца, а также обосновано признать данную группу продукции опасной для человека, пока не представляется возможным. Тем не менее, однозначно можно сказать, что наблюдение и мониторинг на уровне контролирующих организаций необходим.

Чистота натурального продукта является краеугольным камнем его воспринимаемой биологической эффективности. Хотя аутентификация ценных травяных продуктов, таких как порошкообразные специи, является сложной задачей для выявления неэтичных практик, включая подмену, фальсификацию, использование наполнителей и неправильную маркировку, штрих-кодирование ДНК может оказаться решением этих проблем в ближайшем будущем.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Николаева, М. А., Положишникова М. А. (2009). Идентификация и обнаружение фальсификации продовольственных товаров. М.: Форум, Инфра-М. — 464 с.
2. Prasath, D., Kandianan, K., Leela, N. K., Aarthi, S., Sasikumar, B., Babu, K. N. (2018). Turmeric: Botany and production practices. *Horticultural Reviews*, 46, 99–184. <https://doi.org/10.1002/9781119521082.ch5>.
3. Куркума — специя с удивительным потенциалом. Электронный ресурс: <https://spicesguide.ru/spices/kurkuma/kurkuma-spetsiya-s-udivitelnyum-potentsialom.html>. Дата доступа 10.11.2020.
4. Turmeric may contain dangerous levels of lead. Электронный ресурс: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/326652> Дата доступа 20.01.2021.
5. Turmeric validated to treat glaucoma, osteoarthritis. Электронный ресурс: <https://guardian.ng/features/turmeric-validated-to-treat-glaucoma-osteoarthritis-2/> Дата доступа 20.01.2021
6. Как правильно употреблять куркуму: безопасная суточная доза, полезные свойства, противопоказания. Электронный ресурс: <https://zen.yandex.ru/media/yellmed/kak-pravilno-upotreblit-kurkumu-bezopasnaia-sutochnaia-doza-poleznye-svoystva-protivopokazaniia-5df2268a2beb4900b06fef5e> Дата доступа 15.11.2020.
7. Sasikumar, B., Swetha, V.P., Parvathy, V.A., Sheeja, T.E. (2016). Advances in adulteration and authenticity testing of herbs and spices. Chapter in a book: *Advances in Food Authenticity Testing: Improving Quality throughout the Food Chain*, Woodhead Publishing, Cambridge, UK. 2016. 585–624.
8. Sasikumar, B., Syamkumar, S., Remya, R., Zachariah, T. J. (2004). PCR based detection of adulteration in the market samples of turmeric powder. *Food Biotechnology*, 18(3), 299–306. <https://doi.org/10.1081/FBT-200035022>
9. Dhanya, K., Syamkumar, S., Siju, S., Sasikumar, B. (2011). Sequence characterized amplified region markers: A reliable tool for adulterant detection in turmeric powder. *Food Research International*, 44(9), 2889–2895. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.06.040>
10. Parvathy, V. A., Swetha, V. P., Sheeja, T. E., Sasikumar, B. (2015). Detection of plant-based adulterants in turmeric powder using DNA barcoding. *Pharmaceutical Biology*, 53(12), 1774–1779. <https://doi.org/10.3109/13880209.2015.1005756>
11. Oh, S. H., Jang, C. S. (2020). Development and validation of a real-time PCR based assay to detect adulteration with corn in commercial turmeric powder products. *Foods*, 9(7), Article 882. <https://doi.org/10.3390/foods9070882>
12. Girme, A., Saste, G., Balasubramaniam, A. K., Pawar, S., Ghule, C., Hingorani, L. (2020). Assessment of curcuma longa extract for adulteration with synthetic curcumin by analytical investigations. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 191, Article 113603. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2020.113603>
13. Kourani, K., Kapoor, N., Badiye, A., Shukla, R. K. (2020). Detection of synthetic food color “Metanil yellow” in sweets: A systematic approach. *Journal of Planar Chromatography — Modern TLC*, 33(4), 413–418. <https://doi.org/10.1007/s00764-020-00046-9>.
14. Lakshmi S, Padmaja G, Remani P. (2011). Antitumour Effects of Isocurcumenol Isolated from Curcuma zedoaria Rhizomes on Human and Murine Cancer Cells. *International Journal of Medicinal Chemistry*, 2011, Article 253962. <https://doi.org/10.1155/2011/253962>
15. 10 специй и пряностей, которые могут оказаться подделкой. Электронный ресурс: <https://domopravitelnitsa.com/sovet/10-spetsiy-i-pryanostey-kotoryie-mogut-okazatsya-poddelkoy.html>. Дата доступа 10.11.2020.
16. Куркума может содержать опасные уровни свинца. Электронный ресурс: <https://foodismedicine.ru/svinets-v-kurkume/>. Дата доступа 10.11.2020.
17. Gleason, K., Shine, J. P., Shobnam, N., Rokoff, L. B., Suchanda, H. S., Ibne Hasan, M. O. S. et al. (2014). Contaminated turmeric is a potential source of lead exposure for children in rural Bangladesh. *Journal of Environmental and Public Health*, 2014, Article 730636. <https://doi.org/10.1155/2014/730636>
18. Forsyth, J. E., Weaver, K. L., Maher, K., Islam, M. S., Raqib, R., Rahman, M. et al. (2019). Sources of blood lead exposure in rural Bangladesh. *Environmental Science and Technology*, 53(19), 11429–11436. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00744>
19. Вострикова, Н.Л. (2009). Разработка научно-методических основ комплексного мониторинга токсичных и биогенных элементов в органах и тканях сельскохозяйственных животных и птицы на основе принципов прослеживаемости. Автореферат диссертации

на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва: ВНИИМП им. В. М. Горбатова. — 24 с.

20. Paranthaman, R., Moses, J. A., Anandharamakrishnan, C. (2021). Development of a method for qualitative detection of lead chromate adulteration in turmeric powder using X-ray powder diffraction. *Food Control*, 126, Article 107992. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107992>
21. Отличаем куркуму от подделки — рабочие способы! Электронный ресурс: <https://kurkumagia.ru/kak-otlichit-nastoyashhuyu-kurkumu-ot-poddelki/>. Дата доступа 10.10.2020.
22. Macêdo, I. Y. L. D., Machado, F. B., Ramos, G. S., Costa, A. G. D. C., Batista, R. D., Filho, A. R. G. at al. (2021). Starch adulteration in turmeric samples through multivariate analysis with infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 340, Article 127899. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127899>
23. ГОСТ 33425–2015 «Мясо и мясные продукты. Определение никеля, хрома и кобальта методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии». — М.: Стандартинформ, 2019. — 11 с.
24. МУК 4.1.986–00 «Методика выполнения измерений массовой доли свинца и кадмия в пищевых продуктах и продовольственном сырье методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии». — М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000. — 32 с.
25. ГОСТ EN 15505–2013 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение натрия и магния с помощью пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии с предварительной минерализацией пробы в микроволновой печи (Переиздание)». — М.: Стандартинформ, 2019. — 25 с.
26. ГОСТ Р 55484–2013 «Мясо и мясные продукты. Определение содержания натрия, калия, магния и марганца методом пламенной атомной абсорбции». — М.: Стандартинформ, 2014. — 11 с.
27. МР 4.2.0019–11 «Идентификация сырьевого состава мясной продукции: Методические рекомендации». — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2011. — 36 с.
28. Welcome to NCBI. Электронный ресурс: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Дата доступа 20.01.2021>
29. Primer-BLAST. Электронный ресурс: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast/index.cgi>. Дата доступа 20.01.2021
30. OligoAnalyzer Tool. Электронный ресурс: <http://eu.idtdna.com/calc/analyzer> Дата доступа 20.01.2021
31. Melting Curve Predictions Software. Электронный ресурс: <https://dnautah.org/umelt/umelt.html> Дата доступа 20.01.2021
32. Kurbakov, K. A., Konorov, E. A., Zhulinkova, V. N., Minaev, M. Yu. (2019). Detection of soybean by real-time PCR in the samples subjected to deep technological processing. *Theory and practice of meat processing*, 4(4), 23–27. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2019-4-4-23-27>
33. Kurbakov, K. A., Konorov, E. A., Minaev, M. Y., Kuznetsova, O. A. (2019). Multiplex real-time PCR with HRM for detection of lactobacillus sakei and lactobacillus curvatus in food samples. *Food Technology and Biotechnology*, 57(1), 97–104. <https://doi.org/10.17113/ftb.57.01.19.5983>
34. ТР ТС 021 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (с изменениями на 8 августа 2019 года), принятый Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880.
35. ТР ТС 027/2012 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания», принятый Решением Комиссии Таможенного союза от 15 июня 2012 года № 34.
36. ТР ТС 034/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции», принятый Решением Комиссии Таможенного союза от 9 октября 2013 года № 68.
37. Ким, И.Н., Штанько, Т.И., Кращенко, В.В. (2019). Пищевая химия. Наличие металлов в продуктах. М.: Юрайт. — 213 с.

## REFERENCES

1. Nikolaeva, M. A., Polozhishnikova, M. A. (2009). Identification and detection of falsification of food product. Moscow: Форум Forum, Infra-M. — 464 p. (In Russian)
2. Prasath, D., Kandiannan, K., Leela, N. K., Aarthi, S., Sasikumar, B., Babu, K. N. (2018). Turmeric: Botany and production practices. *Horticultural Reviews*, 46, 99–184. <https://doi.org/10.1002/9781119521082.ch3>
3. Turmeric — a spice with amazing potential. Retrieved from <https://spicesguide.ru/spices/kurkuma/kurkuma-spetsiya-s-udivitelnyim-potentsialom.html>. Accessed November 10, 2020. (In Russian)
4. Turmeric may contain dangerous levels of lead. Retrieved from <https://www.medicalnewstoday.com/articles/326652> Accessed January 20, 2021.
5. Turmeric validated to treat glaucoma, osteoarthritis. Retrieved from <https://guardian.ng/features/turmeric-validated-to-treat-glaucoma-osteoarthritis-2/> Accessed January 20, 2021
6. How to use turmeric correctly: safe daily dose, useful properties, contraindications. urkuma-a spice with amazing potential. Retrieved from <https://zen.yandex.ru/media/yellmed/kak-pravilno-upotreblit-kurkumu-bezopasnaia-sutochnaia-doza-poleznye-svoistva-protivopokazaniia-5df2268a2beb4900b06fef5e> Accessed November 15, 2020. (In Russian)
7. Sasikumar, B., Swetha, V. P., Parvathy, V. A., Sheeja, T. E. (2016). Advances in adulteration and authenticity testing of herbs and spices. Chapter in a book: *Advances in Food Authenticity Testing: Improving Quality throughout the Food Chain*, Woodhead Publishing, Cambridge, UK. 2016. 585–624.
8. Sasikumar, B., Syamkumar, S., Remya, R., Zachariah, T. J. (2004). PCR based detection of adulteration in the market samples of turmeric powder. *Food Biotechnology*, 18(3), 299–306. <https://doi.org/10.1081/FBT-200035022>
9. Dhanya, K., Syamkumar, S., Siju, S., Sasikumar, B. (2011). Sequence characterized amplified region markers: A reliable tool for adulterant detection in turmeric powder. *Food Research International*, 44(9), 2889–2895. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.06.040>
10. Parvathy, V. A., Swetha, V. P., Sheeja, T. E., Sasikumar, B. (2015). Detection of plant-based adulterants in turmeric powder using DNA barcoding. *Pharmaceutical Biology*, 53(12), 1774–1779. <https://doi.org/10.3109/13880209.2015.1005756>
11. Oh, S. H., Jang, C. S. (2020). Development and validation of a real-time PCR based assay to detect adulteration with corn in commercial turmeric powder products. *Foods*, 9(7), Article 882. <https://doi.org/10.3390/foods9070882>
12. Girme, A., Saste, G., Balasubramaniam, A. K., Pawar, S., Ghule, C., Hingorani, L. (2020). Assessment of curcuma longa extract for adulteration with synthetic curcumin by analytical investigations. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 191, Article 113603. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2020.113603>
13. Kourani, K., Kapoor, N., Badiye, A., Shukla, R. K. (2020). Detection of synthetic food color “Metanil yellow” in sweets: A systematic approach. *Journal of Planar Chromatography — Modern TLC*, 33(4), 413–418. <https://doi.org/10.1007/s00764-020-00046-9>
14. Lakshmi S., Padmaja G, Remani P. (2011). Antitumour Effects of Isocurcumenol Isolated from Curcuma zedoaria Rhizomes on Human and Murine Cancer Cells. *International Journal of Medicinal Chemistry*, 2011, Article 253962. <https://doi.org/10.1155/2011/253962>
15. 10 spices and spices that may be fake. Retrieved from <https://domopravitelnitsa.com/sovety/10-spetsiy-i-pryanostey-kotoryie-mogut-okazatsya-poddelkoy.html>. Accessed November 10, 2020. (In Russian)
16. Turmeric may contain dangerous levels of lead. Retrieved from <https://foodismedicine.ru/svinets-v-kurkume/>. Accessed November 10, 2020. (In Russian)
17. Gleason, K., Shine, J. P., Shobnam, N., Rokoff, L. B., Suchanda, H. S., Ibne Hasan, M. O. S. at al. (2014). Contaminated turmeric is a potential source of lead exposure for children in rural Bangladesh. *Journal of Environmental and Public Health*, 2014, Article 730636. <https://doi.org/10.1155/2014/730636>
18. Forsyth, J. E., Weaver, K. L., Maher, K., Islam, M. S., Raqib, R., Rahman, M. at al. (2019). Sources of blood lead exposure in rural Bangladesh. *Environmental Science and Technology*, 53(19), 11429–11436. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00744>
19. Vostrikova, N. L. (2009). Development of scientific and methodological bases for integrated monitoring of toxic and biogenic elements in organs and tissues of farm animals and poultry based on the principles of traceability. Author’s abstract of the dissertation for the scientific degree of Candidate of Technical Sciences. Moscow: VNIIMP. — 24 p. (In Russian)
20. Paranthaman, R., Moses, J. A., Anandharamakrishnan, C. (2021). Development of a method for qualitative detection of lead chromate adulteration in turmeric powder using X-ray powder diffraction. *Food Control*, 126, Article 107992. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107992>
21. We distinguish turmeric from fake-working methods! Retrieved from <https://kurkumagia.ru/kak-otlichit-nastoyashhuyu-kurkumu-ot-poddelki/>. Accessed November 10, 2020. (In Russian)
22. Macêdo, I. Y. L. D., Machado, F. B., Ramos, G. S., Costa, A. G. D. C., Batista, R. D., Filho, A. R. G. at al. (2021). Starch adulteration in turmeric samples through multivariate analysis with infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 340, Article 127899. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127899>
23. ГОСТ 33425–2015 “Meat and meat products. Determination of nickel, chromium and cobalt by electrothermal atomic absorption spectrometry”. Moscow: Standartinform, 2019. — 11 p. (In Russian)
24. МУК 4.1.986–00 Method of measuring the mass fraction of lead and cadmium in food products and food raw materials by electrothermal atomic absorption spectrometry. — Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of the Russian Federatio. 2000. — 32 p. (In Russian)
25. ГОСТ EN15505–2013 “Foodstuffs. Determination of trace elements. Determination of sodium and magnesium by flame atomic absorption spectrometry (AAS) after microwave digestion”. Moscow: Standartinform, 2019. — 25 p. (In Russian)
26. ГОСТ R55484–2013 “Meat and meat products. Determination of sodium, potassium, magnesium and manganese by flame atomic absorption”. Moscow: Standartinform, 2014. — 11 p. (In Russian)
27. МР4.2.0019–11 Identification of the raw material composition of meat products: Methodological recommendations. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rosпотребнадзор, 2011. — 36 p. (In Russian)

28. Welcome to NCBI. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/> Accessed January 20, 2021

29. Primer-BLAST. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast/index.cgi>. Accessed January 20, 2021

30. OligoAnalyzer Tool. Retrieved from <http://eu.idtdna.com/calc/analyzer> Accessed January 20, 2021

31. Melting Curve Predictions Software Retrieved from: <https://dna-utah.org/umelt/umelt.html> Accessed January 20, 2021

32. Kurbakov, K.A., Konorov, E.A., Zhulinkova, V.N., Minaev, M. Yu. (2019). Detection of soybean by real-time PCR in the samples subjected to deep technological processing. *Theory and practice of meat processing*, 4(4), 23–27. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2019-4-4-23-27>

33. Kurbakov, K. A., Konorov, E. A., Minaev, M. Y., Kuznetsova, O. A. (2019). Multiplex real-time PCR with HRM for detection of *Lactobacillus sakei* and *Lactobacillus curvatus* in food samples. *Food Technology and Biotechnology*, 57(1), 97–104. <https://doi.org/10.17113/ftb.57.01.19.5983>

34. TR TU 021/2011 Technical Regulations of the Customs Union “On the safety of food products” (as amended on August 08, 2019, Decision of the Council of the Eurasian economic Commission of December 09, 2011, № 880. Moscow, 2013. (In Russian)

35. TR CU 027/2012 Technical Regulations of the Customs Union “ On the safety of certain types of specialized food products, including dietary therapeutic and dietary preventive nutrition “, Decision of the Council of the Eurasian economic Commission of June 15, 2012. № 34. Moscow, 2012. (In Russian)

36. TR CU 034/2013 Technical Regulations of the Customs Union “On the safety of meat and meat products”, Decision of the Council of the Eurasian economic Commission of October 09, 2013, № 68. Moscow, 2013. (In Russian)

37. Kim, I.N., Shtanko, T.I., Kraschenko, V.V. (2019). Food chemistry. The presence of metals in the products. Moscow: Urite. — 213 p. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
<b>Принадлежность к организации</b>	<b>Affiliation</b>
<p><b>Вострикова Наталья Леонидовна</b> — доктор технических наук, Руководитель Научно-исследовательского испытательного центра, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26 Тел.: +7-495-676-95-11 доб. 413 E-mail: <a href="mailto:n.vostrikova@fncps.ru">n.vostrikova@fncps.ru</a> <a href="https://orcid.org/0000-0002-9395-705X">https://orcid.org/0000-0002-9395-705X</a> * автор для контактов</p>	<p><b>Natal'ya L. Vostrikova</b> — doctor of technical sciences, Head of the Laboratory Center for food and feed testing, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences 109316, Moscow, Talalikhina str., 26 Tel.: +7-495-676-95-11 (413) E-mail: <a href="mailto:n.vostrikova@fncps.ru">n.vostrikova@fncps.ru</a> <a href="https://orcid.org/0000-0002-9395-705X">https://orcid.org/0000-0002-9395-705X</a> * corresponding author</p>
<p><b>Минаев Михаил Юрьевич</b> — кандидат технических наук, заведующий лабораторией молекулярной биологии и биоинформатики, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26 Тел.: +7-495-676-95-11 доб. 401 E-mail: <a href="mailto:mminaev@inbox.ru">mminaev@inbox.ru</a> <a href="https://orcid.org/0000-0002-0038-9744">https://orcid.org/0000-0002-0038-9744</a></p>	<p><b>Mihail Yu. Minaev</b> — candidate of technical sciences, head of Laboratory of molecular biology and bioinformatics, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences 109316, Moscow, Talalikhina str., 26 Tel.: +7-495-676-95-11 (401) E-mail: <a href="mailto:mminaev@inbox.ru">mminaev@inbox.ru</a> <a href="https://orcid.org/0000-0002-0038-9744">https://orcid.org/0000-0002-0038-9744</a></p>
<p><b>Чиковани Кристина Гочаевна</b> — инженер, лаборатория «Научно-методических работ, биологических и аналитических исследований», Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26 Тел.: +7-495-676-95-11 доб. 412 E-mail: <a href="mailto:k.chikovani@fncps.ru">k.chikovani@fncps.ru</a> <a href="https://orcid.org/0000-0001-6476-9415">https://orcid.org/0000-0001-6476-9415</a></p>	<p><b>Kristina G. Chikovani</b> — engineer, Laboratory “Scientific and methodological works, biological and analytical studies”, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences 109316, Moscow, Talalikhina str., 26 Tel.: +7 495-676-95-11 (412) E-mail: <a href="mailto:k.chikovani@fncps.ru">k.chikovani@fncps.ru</a> <a href="https://orcid.org/0000-0001-6476-9415">https://orcid.org/0000-0001-6476-9415</a></p>
<b>Критерии авторства</b>	<b>Contribution</b>
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат	Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism
<b>Конфликт интересов</b>	<b>Conflict of interest</b>
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов	The authors declare no conflict of interest
<b>Поступила 07.09.2020</b>	<b>Received 07.09.2020</b>
<b>Поступила после рецензирования 20.01.2021</b>	<b>Accepted in revised 20.01.2021</b>
<b>Принята в печать 25.02.2021</b>	<b>Accepted for publication 25.02.2021</b>