

EDN: SHHFZD

УДК 543.062:543.544:543.545.2

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF QUANTITATIVE DETERMINATION OF ALKALOIDS FOR CUSTOMS EXAMINATION PURPOSES

Irina V. Krotova^{*}, Vadim D. Lening, Dmitry M. Grechnev,

Anzhelina A. Zakharova, Karina I. Krekhtunova

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

Received 01.03.2026, approved after reviewing 22.03.2026, accepted 26.03.2026

Abstract. Customs control of alkaloids in food products is necessary to prevent the import of hazardous or narcotic substances into the Russian Federation and to ensure product compliance with technical regulations. It also ensures that the permissible doses of toxic and potent compounds in dietary supplements (DS) placed into circulation in the country are not exceeded. Establishing the nature and quantitative content of alkaloids in agricultural raw materials, food products, and DS is the responsibility of customs inspection.

The article analyzes the problems and prospects of using instrumental and classical chemical methods for the quantitative determination of methylxanthines for customs examination purposes. The objects of the study were samples of tea imported into the Russian Federation or produced in Russia from imported raw materials.

High-performance liquid chromatography has been shown to be the most effective method. Capillary electrophoresis demonstrates its suitability for quantitatively determining caffeine, but yields overestimated values for theobromine. Iodometric titration yields underestimated caffeine content compared to instrumental methods. The relative measurement error typically ranges from 5 to 12%. However, it demonstrates good correlation with instrumental methods for the quantitative determination of theobromine. This circumstance, combined with the simplicity and accessibility of the classical analytical method, allows us to consider iodometric titration as an acceptable alternative to the quantitative determination of theobromine using complex and expensive instrumental analytical methods.

Keywords: caffeine, theobromine, iodometric titration, capillary electrophoresis, high-performance liquid chromatography.

Citation: Krotova, I. V., Lening, V. D., Grechnev, D. M., Zakharova, A. A., Krekhtunova, K. I. (2026). Comparative analysis of methods of quantitative determination of alkaloids for customs examination purposes In: Trade, service, food industry. Vol. 6(1). Pp. 89–99. EDN: SHHFZD



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЛКАЛОИДОВ В ЦЕЛЯХ ТАМОЖЕННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Ирина Владимировна Кротова^{*}, Вадим Дмитриевич Ленинг,

Дмитрий Михайлович Гречнев, Анжелика Андреевна Захарова,

Карина Игоревна Крехтунова

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Российская Федерация

Аннотация. Таможенный контроль алкалоидов в пищевой продукции необходим для предотвращения ввоза на территорию Российской Федерации опасных или наркотических веществ и определения соответствия продукции техническим

регламентам. Также он выявляет превышение допустимых доз токсичных и сильнодействующих соединений в биологически активных добавках (БАД) к пище, выпускаемых в обращение на территории страны. Установление природы и количественного содержания алкалоидов в сельскохозяйственном сырье, пищевой продукции и БАДах – задача таможенной экспертизы.

Статья посвящена анализу проблем и перспектив использования методов инструментального и классического химического количественного определения метилксантинов в целях таможенной экспертизы. В качестве объектов исследования были использованы образцы чая, импортируемого в Российскую Федерацию или изготовленного в России из импортного сырья.

Показано, что наиболее результативен метод высокоэффективной жидкостной хроматографии. Метод капиллярного электрофореза демонстрирует свою состоятельность в случае количественного определения кофеина, но показывает завышенные значения в случае теобромина. Метод йодометрического титрования дает заниженное содержание кофеина в сравнении с инструментальными методами исследования (при этом относительная погрешность измерений преимущественно находится в диапазоне от 5 до 12%), однако демонстрирует хорошую корреляцию с инструментальными методами в случае количественного определения теобромина. Данное обстоятельство в сочетании с простотой и доступностью классического аналитического метода позволяет рассматривать йодометрическое титрование как приемлемую альтернативу количественному определению теобромина сложными и дорогостоящими инструментальными методами анализа.

Ключевые слова: кофеин, теобромин, йодометрическое титрование, капиллярный электрофорез, высокоэффективная жидкостная хроматография.

Цитирование: Кротова, И. В. Сравнительный анализ методов количественного определения алкалоидов в целях таможенной экспертизы / И. В. Кротова, В. Д. Ленинг, Д. М. Гречнев, А. А. Захарова, К. И. Крехтунова // Торговля, сервис, индустрия питания. – 2026. – № 6(1). – С. 89–99. – EDN: SHHFZD



Введение / Introduction. Алкалоиды – группа азотсодержащих гетероциклических органических соединений природного происхождения (преимущественно растительного), обладающих физиологическим действием на организм человека, прежде всего – центральную нервную систему. Эти соединения являются продуктами обмена веществ в растениях. Наиболее богаты ими двудольные растения семейства маковых (*Papaveraceae*), сложноцветных (*Asteraceae*), лютиковых (*Ranunculaceae*), пасленовых (*Solanaceae*) и мареновых (*Rubiaceae*) [1].

Многие алкалоиды в малых дозах оказывают лечебное действие, а в больших – ядовиты. Алкалоиды различны по своему физиологическому действию: одни из них угнетают или возбуждают нервную систему, другие парализуют нервные окончания, расширяют или сужают сосуды, третьи обладают обезболивающим эффектом [2]. Благодаря широкому спектру физиологической активности они нашли применение в медицине в качестве седативных, стимулирующих, отхаркивающих, антиаритмических, спазмолитических, желчегонных и гипотензивных средств [3].

Алкалоиды используются и в пищевой промышленности. Они содержатся в кофе и кофе-продуктах, чае и чайной продукции, какао, шоколаде, тонизирующих напитках, а также в многочисленных биологически активных добавках (БАД) к пище [4]. Так, преимуществом кофеина и содержащих его продуктов является нормализация артериального давления, усиление обменных процессов в тканях, повышение

работоспособности, улучшение когнитивных функций [5]. Однако избыточное потребление кофеина чревато учащением сокращения сердечной мышцы, бессонницей, развитием зависимости.

Кроме того, алкалоиды способны накапливаться в различных органах растений, которые могут засорять посевы зерновых культур и трав, служащих сырьем для производства крупяных и мучных пищевых продуктов, травяных чаев, настоек, экстрактов и БАД к пище [6]. Таким образом, пищевая продукция может быть загрязнена алкалоидами в процессе выращивания сельскохозяйственного сырья и его первичной переработки. Это происходит несмотря на то, что, например, загрязнение семян зерновых различными частями (плодами, семенами и прочее) сорных растений может быть обнаружено при визуальном осмотре или уменьшено путем сортировки и очистки с использованием физических методов [7]. При этом некоторые алкалоиды (например, тропанового ряда) ядовиты и превышение нормы может вызвать отравление. Контроль их количественного содержания в пищевой продукции продиктован необходимостью обеспечения безопасности жизни и здоровья людей.

Наконец, алкалоиды могут использоваться как сырье для получения наркотических средств, а потому их ввоз на территорию Российской Федерации регулируется законодательством.

Таким образом, таможенный контроль алкалоидов в пищевой продукции необходим для обеспечения безопасности жизни и здоровья потребителей, соответствия продукции техническим регламентам, а также предотвращения ввоза опасных или наркотических веществ [8, 9]. Он обеспечивает контроль за превышением допустимых доз токсичных соединений в пищевой продукции, выпускаемой в обращение на территории страны.

Особое место в решении указанных задач принадлежит таможенной экспертизе как неотъемлемой части таможенного контроля.

Таможенная экспертиза алкалоидов в пищевых продуктах и БАДах направлена на подтверждение указанного состава, выявление запрещенных психотропных веществ, таких как эфедрин или кокаин, и проверку безопасности согласно требованиям ТР ТС 029/2012 [9]. Исследование включает лабораторный анализ, обязательный для получения свидетельства о государственной регистрации, что критично для законного ввоза продукции, и сверку с реестрами ЕАЭС. Экспертиза гарантирует, что импортируемые товары не содержат скрытых опасных ингредиентов, а также позволяет отличить натуральный продукт от фальсификата и обеспечить соблюдение фитосанитарных норм.

Определение количественного содержания алкалоидов в пищевой продукции и БАДах может проводиться как инструментальными (физико-химическими) методами (спектрофотометрия, хроматография, электромиграционные методы), так и методами классического химического анализа (например, кислотно-основное титрование, йодометрия). Однако возможности методов различны. Поэтому представляется важным правильный выбор метода анализа, обеспечивающий надежную и достоверную оценку требуемого показателя.

Цель настоящего исследования – сравнение возможности количественного определения алкалоидов (на примере кофеина и теобромона) современными инструментальными методами – высокоэффективной жидкостной хроматографией и капиллярным электрофорезом, а также классическим аналитическим методом йодометрического титрования.

Материалы и методы / Materials and Methods. Для изучения возможностей методов инструментального и классического химического анализа в качестве объектов

исследования были выбраны пять образцов чая, импортируемого в Российскую Федерацию или изготовленного в России из импортного сырья, а именно:

– чай черный байховый крупнолистовой «Азерчай Букет», производитель: ООО «Кубань ТИ» (Россия, Краснодарский край, Белореченский район, г. Белореченск, ул. Бригадная, д. 1Б). Страна происхождения сырья – Азербайджан. Согласно информации, представленной на официальном сайте производителя [10], сырьем для производства данного сорта чая являются молодые, нежные листочки с почкой, собранные на плантациях Ленкорань-Астаринского региона и подвергнутые полной ферментации;

– чай черный байховый пакетированный «Принцесса Нури высокогорный», производитель: ООО «ОРИМИ» (Россия, Ленинградская область, Всеволожский район, гп. им. Свердлова, мкр. 1-й, уч-к 15/4). Страны происхождения сырья – Индия и Цейлон (Шри-Ланка). Как указывает производитель на официальном сайте [11], сырьем для производства данного сорта чая является купаж мелких чайных листочков с почкой, собранных в высокогорных районах упомянутых стран и подвергнутых полной ферментации;

– чай черный байховый гранулированный «Shah Gold», производитель: ООО «ОРИМИ» (Россия, Ленинградская область, Всеволожский район, гп. им. Свердлова, мкр. 1-й, уч-к 15/4). Страна происхождения сырья – Индия. Согласно информации, представленной на официальном сайте производителя [11], данный сорт чая изготавливается из отборных чайных листьев, переработанных в гранулы, что придает продукту крепость, терпкий вкус, яркий аромат и насыщенный темно-рубиновый цвет настоя;

– чай зеленый байховый листовый «Тоза № 95», производитель: ООО «PURE TEA PACKERS» (Узбекистан, Ташкент, Юнусабад, Юнусота 15). Страна происхождения сырья – Узбекистан. Согласно информации, представленной на официальном сайте производителя [12], сырьем для производства данного сорта чая являются молодые чайные листочки с почкой, подвергнутые слабой ферментации. Считается полезным напитком, содержит минералы, укрепляет сердечно-сосудистую систему и улучшает пищеварение благодаря сохранению полезных веществ при указанном способе обработки сырья;

– чай зеленый байховый пакетированный «Greenfield Flying Dragon», производитель: ООО «ОРИМИ» (Россия, Ленинградская область, Всеволожский район, гп. им. Свердлова, мкр. 1-й, уч-к 15/4). Страна происхождения сырья – Китай. Как указывает производитель на официальном сайте [11], сырье для производства данного сорта чая поставляется из провинции Хунань, где чайные листья собирают с высокогорных плантаций (на высоте более 1000 метров над уровнем моря) для создания нежного вкуса и тонкого аромата. Используются нежные чайные листочки для получения цилиндрических чайнок серебристого цвета.

Все образцы исследования были приобретены на предприятиях розничной торговли города Красноярск, помещены в отдельные чистые фасовочные (полиэтиленовые) пакеты и доставлены в лабораторию в течение двух часов. До начала исследования хранились в сухом помещении отдельно от пахучих веществ при относительной влажности воздуха не более 70%. При этом целостность потребительской упаковки не нарушалась.

Отбор проб для исследования осуществлялся в соответствии с ГОСТ Р ИСО 1839-2011 «Чай. Отбор проб» [13]. В связи с тем, что каждая из взятых для анализа упаковок содержала от 50 до 100 г чая, это позволило расценивать их как лабораторные пробы, отобранные случайным образом.

В случае рассыпного чая использовали метод квартования, а у пакетированного содержимое одного пакетика для разовой заварки рассматривали как аналитическую пробу.

Отобранные аналитические пробы помещали в чистые, высушенные до постоянного веса бюксы с притертыми крышками. Каждый бюкс маркировали и помещали в эксикатор до проведения испытаний.

Разделение и определение кофеина и теобромина йодометрическим титрованием основано на различии в их способности реагировать с йодом: в отличие от кофеина теобромин образует с ним малорастворимое соединение. В связи с этим классический йодометрический анализ включает осаждение теобромина в кислой среде (обратное титрование) с последующим титрованием избытка йода тиосульфатом натрия, что позволяет найти раздельное содержание веществ. Анализ выполнялся в соответствии с методикой, описанной в [14].

Количественное определение кофеина и теобромина в исследуемых образцах чая методом капиллярного электрофореза осуществлялось в соответствии с методикой М04-60-2009 [15], разработанной группой компаний «ЛЮМЭКС» и внесенной в Федеральный информационный фонд и Реестр ГСИ РК под номером ФР.1.31.2010.07016. Анализ выполняли на приборе «КАПЕЛЬ-105М» со спектрофотометрическим детектированием (дейтериевая лампа; спектральный диапазон от 190 до 380 нм) с возможностью гидродинамического и электрокинетического ввода пробы. Условия разделения применяли следующие: боратный фоновый электролит с добавкой додецилсульфата натрия (ДДСН) для создания необходимых электрокинетических условий, обеспечивающих электроосмотический поток и миграцию частиц под влиянием электрического поля; кварцевый капилляр с общей длиной 60 см, эффективной длиной 50 см с внутренним диаметром 75 мкм; напряжение: 25 кВ. Детектирование осуществляли по поглощению в УФ-области спектра при длине волны 254 нм.

Количество кофеина и теобромина в исследуемых образцах чая определяли методом ВЭЖХ в соответствии с Руководством Р4.1.1672-03 [16], являющимся основополагающим документом, разработанным НИИ питания РАМН и Минздравом РФ. Оно устанавливает стандарты для анализа состава, безопасности и качества БАД, обеспечивая соответствие нормам СанПиН.

Анализ выполняли на приборе Люмахром СФД-3220 (Россия) с насосом высокого давления с подачей растворителя от 0,1 до 5,0 см³/мин., оборудованном спектрофотометрическим детектором с переменной длиной волны и системой для сбора и обработки хроматографических данных Мультихром. При этом использовались колонка и предколонка хроматографические с силикагелем, химически связанным с октадецилсиланом с размером частиц 5 мкм; длина колонки – 25 см, предколонки – 4,5 см, внутренний диаметр колонок – 0,46 см.

Условия хроматографирования при количественном определении кофеина использовали следующие: подвижная фаза (ацетонитрил – вода дистиллированная – уксусная кислота в отношении 15 : 84 : 1); скорость подачи элюента – 0,7 см³/мин. Обнаружение проводилось по поглощению в УФ-области спектра при длине волны 272 нм. Вводимый объем анализируемого образца 10,0 мм³.

При количественном определении суммарного содержания кофеина и теобромина в исследуемых образцах чая условия хроматографирования были следующие: подвижная фаза – раствор калия фосфорнокислого однозамещенного, рН 3,2 – ацетонитрил в соотношении 85 : 15. Скорость подачи элюента – 0,8 см³/мин. Обнаружение осуществляли по поглощению в УФ-области спектра при длине волны 272 нм. Вводимый объем анализируемого образца 10,0 мм³.

Время удерживания кофеина в указанных условиях хроматографирования $12,0 \pm 0,1$ мин., теобромина – $4,9 \pm 0,1$ мин.

Полученные результаты / Results. Результаты количественного определения кофеина в исследуемых образцах чая методами йодометрического титрования, капиллярного электрофореза и высокоэффективной жидкостной хроматографии представлены в табл. 1.

Таблица 1. Содержание кофеина в исследуемых образцах чая (вес. %)
 Table 1. Caffeine content in the studied tea samples (wt. %)

Образцы исследования	Методы анализа		
	Йодометрия	КЭ	ВЭЖХ
Чай черный байховый крупнолистовой «Азерчай Букет»	1,90±0,18	2,33±0,09	2,31±0,05
Чай черный байховый пакетированный «Принцесса Нури высокогорный»	1,05±0,12	1,34±0,07	1,26±0,03
Чай черный байховый гранулированный «Shah Gold»	1,88±0,16	2,12±0,08	2,22±0,04
Чай зеленый байховый листовый «Тоза № 95»	2,64±0,21	3,05±0,11	2,95±0,7
Чай зеленый байховый пакетированный «Greenfield Flying Dragon»	3,14±0,24	3,34±0,13	3,26±0,08

Как следует из представленных данных, во всех исследуемых образцах количество кофеина, определенное инструментальными методами анализа – КЭ и ВЭЖХ – имеет сходимое значение и находится в пределах ошибки измерений.

Йодометрическое титрование дает заниженное содержание кофеина в сравнении с инструментальными методами исследования.

Результаты количественного определения теобромина в исследуемых образцах чая методами йодометрического титрования, капиллярного электрофореза и высокоэффективной жидкостной хроматографии представлены в табл. 2.

Таблица 2. Содержание теобромина в исследуемых образцах чая (вес. %)
 Table 2. Theobromine content in the tea samples studied (wt. %)

Образцы исследования	Методы анализа		
	Йодометрия	КЭ	ВЭЖХ
Чай черный байховый крупнолистовой «Азерчай Букет»	0,39±0,02	0,431±0,009	0,397±0,009
Чай черный байховый пакетированный «Принцесса Нури высокогорный»	0,39±0,02	0,442±0,009	0,408±0,009
Чай черный байховый гранулированный «Shah Gold»	0,42±0,05	0,512±0,009	0,448±0,009
Чай зеленый байховый листовый «Тоза № 95»	0,04±0,01	0,051±0,011	0,039±0,003
Чай зеленый байховый пакетированный «Greenfield Flying Dragon»	0,06±0,01	0,074±0,013	0,062±0,006

Как следует из приведенных данных, результаты количественного содержания теобромина в исследуемых образцах, полученные методами йодометрического титрования и ВЭЖХ, имеют хорошую корреляцию между собой. В отличие от указанных методов результаты количественного определения теобромина методом КЭ явно имеют завышенный характер, так как данная тенденция выявлена в случае всех исследованных образцов чая.

Обсуждение / Discussion. ВЭЖХ и КЭ – это методы разделения многокомпонентной смеси на индивидуальные вещества с целью их дальнейшей идентификации и количественного определения. Однако принцип действия и возможности методов различны. Метод ВЭЖХ основан на различном распределении веществ между подвижной и неподвижной фазами хроматографической системы (колонки), что связано с индивидуальными особенностями веществ, такими как растворимость и адсорбционная способность. Это приводит к разной скорости движения веществ, входящих в состав анализируемой пробы, по хроматографической колонке и, как следствие, к разному времени выхода из нее (так называемое время удерживания). Для каждого индивидуального вещества время удерживания является константной величиной и потому служит фактором идентификации.

В отличие от ВЭЖХ метод КЭ основан на электрофоретической подвижности заряженных частиц и электроосмотическом потоке. Разделение происходит за счет различной скорости перемещения ионов в электрическом поле. В силу этого метод КЭ очень чувствителен к ионам или полярным молекулам, способным диссоциировать (распадаться) на ионы. Однако органические вещества (в том числе кофеин и теобромин) не относятся к сильным электролитам, хотя за счет наличия в их молекулах электроотрицательных атомов кислорода и азота возникает определенный дипольный момент.

Таким образом, можно заключить, что оба метода возможны к применению для выделения кофеина и теобромина из многокомпонентной смеси, но предпочтение следует отдать методу ВЭЖХ как более чувствительному по отношению к сложной смеси органических веществ. Точность определения массовой доли алкалоидов в обоих случаях зависит от используемых детекторов. Как правило, применяется УФ-детектирование, и в этой части методы могут быть охарактеризованы как равнозначные.

По авторитетному мнению специалистов [17], главными источниками ошибок в методе КЭ являются непостоянство электроосмотического потока и дозирование образца, что негативно сказывается на результатах исследования. Поэтому для количественного определения индивидуальных соединений в сложных органических матрицах с удовлетворительной точностью методом КЭ требуется выполнение ряда дополнительных условий, таких как разбавление образца в рабочем буфере, поддержание постоянства состава буфера, термостатирование среды разделения и прочее.

В случае ВЭЖХ при использовании исправного оборудования и точного соблюдения методики определения источники систематических погрешностей отсутствуют, что и позволяет рассматривать данный метод в качестве арбитражного.

Сравнение возможностей инструментальных методов определения количественного содержания теобромина с классическим аналитическим методом йодометрического титрования показало состоятельность последнего, что, вероятно, объясняется практическим отсутствием потерь данного метилксантина в процессе пробоподготовки.

В случае кофеина метод йодометрии оказался менее точным, что, вероятно, связано с некоторыми потерями вещества в процессе пробоподготовки, а именно при осушении хлороформного экстракта кофеина от следовых остатков воды с помощью безводного Na_2SO_4 . Кроме того, некоторая погрешность связана и с визуальным установлением точки эквивалентности по изменению окраски крахмального индикатора. Очевидно, что точность количественного определения кофеина классическим методом йодометрического титрования можно повысить, используя потенциометрическое определение конечной точки титрования.

Одновременно следует отметить, что относительная погрешность измерений количества кофеина методом йодометрии в сравнении с инструментальными методами анализа не превышает 19% и преимущественно находится в диапазоне от 5 до 12%. Данное обстоятельство в сочетании с простотой и доступностью классического аналитического метода позволяет рассматривать йодометрическое титрование как приемлемую альтернативу количественного определения кофеина сложными и дорогостоящими инструментальными методами анализа.

Выводы и дискуссионные вопросы / Conclusions. Таким образом, резюмируя результаты проведенных исследований, следует отметить, что метод высокоэффективной жидкостной хроматографии является арбитражным методом определения алкалоидов (кофеина, теобромина) в пищевых продуктах в отличие от метода капиллярного электрофореза. Данное обстоятельство зафиксировано в ГОСТ 30059-93 [18], ГОСТ Р 702.1.027-2022 [19], ГОСТ ISO 20481-2013 [20]. Однако, согласно ГОСТ Р 53193-2008 [21], метод КЭ рассматривается как возможный способ определения кофеина в напитках алкогольных и безалкогольных.

Однако наряду с не всегда доступными инструментальными методами количественного определения алкалоидов в целях таможенной экспертизы метилксантинов (в частности кофеина и теобромина) можно использовать и классический метод йодометрического титрования с уточнением нижнего предела их обнаружения.

Библиографический список

1. Семенова, Е. В. Исследование свойств алкалоидов лекарственных растений / Е. В. Семенова, О. И. Никулина [Текст] // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2021. – № 1. – С. 20–24. – DOI: 10.17513/srms.1166.
2. Manske, R. The Alkaloids Chemistry and Physiology [Электронный ресурс] / R. Manske. – URL: <https://archive.org/details/alkaloidschemist0000rhfm/page/84/mode/2up> (дата обращения: 14.01.2026).
3. Нестерова, Ю. В. Дитерпеновые алкалоиды аконитинового и атизинового ряда как основа перспективных лекарственных средств: автореф. дис...д-ра мед. наук: 3.3.6 и 3.3.3 [Текст] / Нестерова Юлия Владимировна. – Томск, 2024. – 47 с.
4. Научные основы формирования ассортимента пищевых продуктов с заданными свойствами. Технологии получения и переработки растительного сырья: коллективная монография [Текст] / Л. Н. Меняйло, И. В. Кротова, И. А. Батурина [и др.]; под науч. ред. Л. Н. Меняйло. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 212 с.
5. Бессонов, В. В. Кофеин в питании. Сообщение I. Поступление с питанием и регулирование [Текст] / В. В. Бессонов, Р. А. Ханферьян // Вопросы питания. – 2015. – № 4. – С. 119–127.
6. Compendium of botanicals reported to contain naturally occurring substances of possible concern for human health when used in food and food supplements [Text] // EFSA Journal. – 2012. – Vol. 10, N 5. – Article ID 2663.
7. Kohnen-Johannsen, K. L. Tropane alkaloids: chemistry, pharmacology, biosynthesis and production [Text] / K. L. Kohnen-Johannsen, O. Kayser // Molecules. – 2019. – Vol. 24. – Article ID 796. – DOI: 10.3390/molecules24040796.
8. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 20.02.2026).
9. Технический регламент Таможенного союза «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (ТР

ТС 029/2012) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902359401> (дата обращения: 20.02.2026).

10. Официальный сайт ООО «Кубань ТИ» [Электронный ресурс]. – URL: <https://product-of-kuban.ru/winner/ooo-kuban-ti/> (дата обращения: 18.01.2026).

11. Официальный сайт ООО «ОРИМИ» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.orimi.com/> (дата обращения: 18.01.2026).

12. Официальный сайт ООО «PURE TEA PACKERS» [Электронный ресурс]. – URL: <https://tozachoy.uz/ru/tea/52> (дата обращения: 18.01.2026).

13. ГОСТ Р ИСО 1839-2018. Чай. Отбор проб. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 8 с.

14. Евлашенко, И. В. Определение содержания кофеина в чае и кофе классическими аналитическими методами [Текст] / И. В. Евлашенко, О. И. Аскалепова, И. Г. Алешина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2000. – № 2-3(255-256). – С. 88–90.

15. Определение кофеина и теобромона в чае, кофе, какао и БАДах: методика М04-60-2009. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.lumex.ru/complete_solutions/10ar03_01_16_1.php (дата обращения: 29.01.2026).

16. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище: Р4.1.1672-03 [Текст]. – Москва : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 240 с.

17. Primer, A. High performance capillary electrophoresis – an introduction [Text] / A. Primer // Agilent Technologies. – 2000. – P. 85.

18. ГОСТ 30059-93. Напитки безалкогольные. Методы определения аспартама, сахарина, кофеина и бензоата натрия. – Москва : Стандартинформ, 1996. – 11 с.

19. ГОСТ Р 702.1.027-2022. Шоколад горький. Потребительские испытания. – Москва : Стандартинформ, 2022. – 8 с.

20. ГОСТ ISO 20481-2013. Кофе и кофейные продукты. Определение содержания кофеина с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии (HPLC). – Москва : Стандартинформ, 2014. – 17 с.

21. ГОСТ Р 53193-2008. Напитки алкогольные и безалкогольные. Определение кофеина, аскорбиновой кислоты и ее солей, консервантов и подсластителей методом капиллярного электрофореза. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 15 с.

References

1. Semenova, E. V., Nikulina, O. I. (2021). Study of the properties of alkaloids of medicinal plants. Scientific review. Medical sciences, 1, 20–24. DOI: <https://doi.org/10.17513/srms.1166>.

2. Manske, R. The Alkaloids Chemistry and Physiology. [Electronic source] URL: <https://archive.org/details/alkaloidschemist0000rhfm/page/84/mode/2up> (Date of access: 14.01.2026).

3. Nesterova, Yu. V. (2024). Diterpene alkaloids of the aconitine and atizine series as the basis for promising drugs: author's abstract. diss... Doctor of Medical Sciences: 3.3.6 and 3.3.3 / Nesterova Yulia Vladimirovna. Tomsk, 47.

4. Menyailo, L. N., Krotova, I. V., Baturina, I. A. et al. (2015). Scientific foundations for forming an assortment of food products with given properties. Technologies for obtaining and processing plant raw materials: collective monograph. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 212.

5. Bessonov, V. V., Khanferyan, R. A. (2015). Caffeine in nutrition. Message I. Intake with food and regulation. Nutrition Issues, 4, 119–127.

6. Compendium of botanicals reported to contain naturally occurring substances of possible concern for human health when used in food and food supplements (2012). EFSA Journal, Vol. 10, No. 5, Article ID 2663.
7. Kohnen-Johannsen, K. L., Kayser, O. (2019). Tropane alkaloids: chemistry, pharmacology, biosynthesis and production. *Molecules*, Vol. 24, Article ID 796. DOI: 10.3390/molecules24040796.
8. Technical Regulations of the Customs Union “On Food Safety” (TR CU 021/2011). [Electronic source] URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (Date of access: 20.02.2026).
9. Technical Regulations of the Customs Union “Safety Requirements for Food Additives, Flavorings and Technological Aids” (TR CU 029/2012). [Electronic source] URL: <https://docs.cntd.ru/document/902359401> (Date of access: 20.02.2026).
10. Official website of Kuban TI LLC. [Electronic source] URL: <https://product-of-kuban.ru/winner/ooo-kuban-ti/> (Date of access: 18.01.2026).
11. Official website of ORIMI LLC. [Electronic source] URL: <https://www.orimi.com/> (Date of access: 18.01.2026).
12. Official website of PURE TEA PACKERS LLC. [Electronic source] URL: <https://tozachoy.uz/ru/tea/52> (Date of access: 18.01.2026).
13. GOST R ISO 1839-2018. Tea. Sampling (2018). Moscow: Standartinform, 8.
14. Evlashenkova, I. V. Askalepova, O. I., Aleshina, I. G. (2000). Determination of caffeine content in tea and coffee by classical analytical methods. *News of universities. Food technology*, 2-3(255-256), 88–90.
15. Determination of caffeine and theobromine in tea, coffee, cocoa and dietary supplements: method M04-60-2009. [Electronic source] URL: https://www.lumex.ru/complete_solutions/10ar03_01_16_1.php (Date of access: 29.01.2026).
16. Guidelines for methods of quality control and safety of biologically active food supplements: P4.1.1672-03 (2004). Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia, 240.
17. Primer, A. (2000). High performance capillary electrophoresis – an introduction. Agilent Technologies, 85.
18. GOST 30059-93. Non-alcoholic beverages. Methods for determination of aspartame, saccharin, caffeine and sodium benzoate (1996). Moscow: Standartinform, 11.
19. GOST R 702.1.027-2022. Dark chocolate. Consumer tests (2022). Moscow: Standartinform, 8.
20. GOST ISO 20481-2013. Coffee and coffee products. Determination of caffeine content using high-performance liquid chromatography (HPLC) (2014). Moscow: Standartinform, 17.
21. GOST R 53193-2008. Alcoholic and Non-Alcoholic Beverages. Determination of Caffeine, Ascorbic Acid and Its Salts, Preservatives, and Sweeteners by Capillary Electrophoresis (2010). Moscow: Standartinform, 15.

Сведения об авторах:

Кротова Ирина Владимировна – доктор педагогических наук, кандидат химических наук, заведующий кафедрой товароведения и экспертизы товаров, Сибирский федеральный университет
ORCID: 0000-0002-3185-9454
e-mail: ikrotova@sfu-kras.ru

Ленинг Вадим Дмитриевич – студент, Сибирский федеральный университет
e-mail: vadim.lening@gmail.com

Гречнев Дмитрий Михайлович – студент, Сибирский федеральный университет
e-mail: grechnevd_01@mail.ru

Захарова Анжелика Андреевна – студент, Сибирский федеральный университет
e-mail: linasugar2019@gmail.com

Крекхтунова Карина Игоревна – студент, Сибирский федеральный университет
e-mail: krekhtunovakarina@mail.ru

Information about the authors:

Krotova Irina Vladimirovna – Doctor of Pedagogic Sciences, Candidate of Chemical Sciences, Head of the Department of Commodity Science and Examination of Goods, Siberian Federal University
ORCID: 0000-0002-3185-9454
e-mail: ikrotova@sfu-kras.ru

Lening Vadim Dmitrievich – Student, Siberian Federal University
e-mail: vadim.lening@gmail.com

Grechnev Dmitry Mikhailovich – Student, Siberian Federal University
e-mail: grechnevd_01@mail.ru

Zakharova Anzhelina Andreevna – Student, Siberian Federal University
e-mail: linasugar2019@gmail.com

Krekhtunova Karina Igorevna – Student, Siberian Federal University
e-mail: krekhtunovakarina@mail.ru