

DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-2-167-172>



Поступила 03.11.2024

Поступила после рецензирования 17.04.2025

Принята в печать 21.04.2025

© Кондратьев Н. Б., Руденко О. С., Осипов М. В., Белова И. А., 2025

<https://www.fsjour.com/jour>

Научная статья

Open access

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ ДОЛИ КАКАО-ПРОДУКТОВ В КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЯХ ПО СОДЕРЖАНИЮ АЛКАЛОИДОВ

Кондратьев Н. Б., Руденко О. С.,\* Осипов М. В., Белова И. А.

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, Москва, Россия

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** АННОТАЦИЯ

кондитерские изделия, теобромин, кофеин, капиллярный электрофорез, какао-бобы, какао-порошок, какао тертое, остаток какао

Наличие алкалоидов группы метилксантинов, таких как кофеин, теобромин и теофиллин, характерно для продуктов переработки какао-бобов. Теобромин не содержится в других видах сырья, поэтому его содержание может служить индикатором определения какао-продуктов. Какао-продукты используются в различных видах кондитерских изделий для улучшения вкуса и аромата, однако методики, позволяющие определить содержание какао-продуктов в изделиях, кроме шоколадных, отсутствуют. Объектами исследования выбраны продукты переработки какао-бобов: какао-порошок, какао тертое и сахаристые кондитерские изделия, включая шоколад, кондитерские плитки и начинки для вафель, изготовленные с их использованием. Теобромин и кофеин определяли с использованием метода капиллярного электрофореза после кислотного гидролиза образцов. Определено содержание теобромину в какао-бобах, какао-порошке и какао тертом. На основе этих данных рассчитано содержание теобромину в пересчете на сухой обезжиренный остаток какао 1560 мг/100 г и предложена формула для расчета массовой доли сухого обезжиренного остатка какао. Разработанная методика с рассчитанными метрологическими показателями позволяет проводить измерение массовой доли сухого обезжиренного остатка какао в сахаристых кондитерских изделиях, для изготовления которых использованы продукты переработки бобов какао. Предложенный подход может быть использован как эффективный экспресс-метод исследования состава многокомпонентных сахаристых кондитерских изделий для оценки их качества и определения содержания сухого обезжиренного остатка какао — важнейшего идентификационного критерия содержания продуктов переработки какао-бобов.

Received 03.11.2024

Accepted in revised 17.04.2025

Accepted for publication 21.04.2025

© Kondratev N. B., Rudenko O. S., Osipov M. V., Belova I. A., 2025

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

Original scientific article

Open access

## DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING THE MASS FRACTION OF COCOA PRODUCTS IN CONFECTIONERY BY THE CONTENT OF ALKALOIDS

Nikolay B. Kondratev, Oxana S. Rudenko\*, Maxim V. Osipov, Irina A. Belova

All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry, Moscow, Russia

**KEY WORDS:**

confectionery, theobromine, caffeine, capillary electrophoresis, cocoa beans, cocoa powder, cocoa mass, cocoa solids

**ABSTRACT**

The presence of methylxanthine alkaloids such as caffeine, theobromine and theophylline is characteristic of cocoa bean processing products, but theobromine is not contained in other types of raw materials. Therefore, the theobromine content can be used as an indicator of the content of cocoa products. Cocoa products are used in various types of confectionery products to improve the taste and aroma; however, there are no methods to determine the content of cocoa products in confectionery products that do not belong to the chocolate group. Cocoa bean processing products such as cocoa powder, cocoa mass and sugar confectionery products, including chocolate, confectionery bars and wafer fillings made with their use, were objects of the study. Theobromine and caffeine were determined using the capillary electrophoresis method after acid hydrolysis of samples. The theobromine content in cocoa beans, cocoa powder and cocoa mass was determined. Based on these data, the theobromine content was calculated in terms of dry fat-free solids of cocoa of 1560 mg/100 g and a formula was proposed for calculating the mass fraction of dry fat-free solids of cocoa. The developed method with calculated metrological indicators allows measuring the mass fraction of dry fat-free solids of cocoa in sugar confectionery products made from cocoa bean processing products. The proposed approach can be used as an effective express method for studying the composition of multi-component sugar confectionery products to assess their quality and determine the amount dry fat-free solids of cocoa, which is the most important identification criterion for the content of cocoa bean processing products.

### 1. Введение

Кондитерские изделия, изготовленные с использованием продуктов переработки какао-бобов, пользуются особенной популярностью у потребителей: шоколад, шоколадные пряники, вафли, печенье, начинки и др. Вопросы определения содержания какао-продуктов в кондитерских изделиях возникают при оценке качества при отсутствии инструментальных методик исследования [1], однако для определения содержания сухого обезжиренного остатка какао в шоколаде используется ГОСТ 31723-2012<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> ГОСТ 31723-2012 «Изделия кондитерские. Метод определения содержания сухого обезжиренного остатка какао в шоколадных изделиях». М.: Стандартинформ, 2018. — 11 с.

Для различных наименований шоколада разработаны требования к значениям идентификационных показателей и соответствующие методики их исследований. Эти методики основаны на классических методах выделения компонентов, газожидкостной хроматографии, а также на способе определения белка по Кьельдалю. На основе таких методик разработаны государственные стандарты. Однако методики и соответствующие государственные стандарты для многих других наименований кондитерских изделий в настоящее время не разработаны.

Содержание жирных кислот, триглицеридов, стеролов, алкалоидов и других компонентов в кондитерских изделиях могут служить маркерами используемого сырья. Их соотношение находится

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Кондратьев, Н. Б., Руденко, О. С., Осипов, М. В., Белова, И. А. (2025). Разработка методики определения какао — продуктов в кондитерских изделиях по содержанию алкалоидов. *Пищевые системы*, 8(2), 167–172. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-2-167-172>

FOR CITATION: Kondratev, N. B., Rudenko, O. S., Osipov, M. V., Belova I. A. (2025). Development of a method for determining the mass fraction of cocoa products in confectionery by the content of alkaloids. *Food Systems*, 8(2), 167–172. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2025-8-2-167-172>

в определенных диапазонах. Разработка методик идентификации пищевой продукции с использованием новых критериев идентификации является важной задачей для пищевой отрасли. Особое внимание уделяется комплексному подходу к идентификации пищевых продуктов [2], включая мед, с использованием инструментальных методов анализа, предложенных авторами работы [3].

Авторы [4] исследовали содержание теобромину и других алкалоидов в 17 образцах шоколада с использованием метода ВЭЖХ. Наблюдалась положительная корреляция между теобромин и кофеин. В работе [5] для определения кофеина, теобромину и теофилина в шоколаде использована жидкостная хромато-масс-спектрометрия.

Авторами работы [6] также исследована возможность идентификации различных наименований шоколада по содержанию кофеина и теобромину. Изучено сырье и полуфабрикаты, используемые для производства шоколада различных наименований. Содержание теобромину в какао-бобах составляет 546–1047 мг на 100 г, в какао-порошке — 656–1694 мг на 100 г, в какао-вевеле — 779–1209 мг на 100 г. В масле какао алкалоиды практически отсутствуют. При увеличении количества какао-продуктов в шоколаде содержание теобромину и кофеина также возрастает, в горьком шоколаде определено 357–668 мг кофеина и 525–803 мг теобромину на 100 г продукта. Сделан вывод о возможности использования полученных данных для определения содержания какао-продуктов в кондитерских изделиях, содержащих продукты переработки какао-бобов.

Методика определения теобромину разработана для установления качества темного шоколада. Теобромин извлекают из водных вытяжек шоколада, экстракт анализируют методом спектрофотометрии при длине волны 272 нм [7].

Определение содержания продуктов переработки какао-бобов в кондитерских изделиях можно проводить с использованием результатов исследования качественного и количественного содержания веществ, обоснованных в качестве маркеров. Наличие алкалоидов группы метилксантинов, таких как кофеин, теобромин и теофиллин, характерно для продуктов переработки какао-бобов.

Вопросами содержания алкалоидов в пищевых продуктах занимаются многие исследователи. Например, изучением кофе занимались авторы работы [8], исследование кофеина и анализ рисков потребления кофеинсодержащих пищевых продуктов описаны в работе автора [9]. Уровень содержания кофеина в молочном шоколаде с цельным фундуком составил 103 мг/кг, в молочном шоколаде — 153 мг/кг, в горьком шоколаде 80% какао — 652–665 мг/кг.

Проведена оценка содержания какао тертого в диапазоне 46–65% по содержанию теобромину. Показано, что количество сухих обезжиренных веществ какао на основе содержания теобромину можно рассчитать, как 38,0% теобромину (по массе). Изучено содержание полифенолов в нежировой части какао, оцениваемое по теобромину. Их уровень исследован в шоколаде с содержанием какао-продуктов от 20 до 100%. Полученные результаты позволили предположить, что определение сухого обезжиренного остатка какао только по содержанию теобромину будет более точно характеризовать количество какао-продуктов [10].

Оценка флаванольного состава 41 образца коммерческого шоколада проводилась методом ВЭЖХ-DAD. Содержание теобромину использовалось в качестве косвенного показателя для обезжиренных сухих веществ какао, однако оно не является полноценным маркером содержания эпикатехина или флаванола [11].

Таким образом, для подтверждения количества использованного шоколадного сырья в шоколадных изделиях можно исследовать содержание теобромину как идентификационного соединения в шоколаде [4–7,10,11].

Существуют другие методы экстракции и определения кофеина и теобромину из растительного сырья [12,13]. Например, для чая, кофе, какао и БАДов разработаны методики М 04-61-2009 (ФР.1.31.2010.07017)<sup>2</sup> и М 04-60-2009 (ФР.1.31.2010.07016)<sup>3</sup>.

Однако предложенные методы не позволяют определить содержание какао-продуктов в кондитерских изделиях, не относящихся к группе шоколада. Теобромин является обязательным компонентом какао-продуктов, но не содержится в других видах сырья, используемых при изготовлении кондитерских изделий. Поэтому содержание

<sup>2</sup> Методика М 04-61-2009 (ФР.1.31.2010.07017). Определение кофеина и теобромину в чае и чайной продукции, кофе и кофепродуктах, какао-бобах и какао-продуктах, БАД: Группа компаний «Люмэкс»: дата введения 2009. — Москва: 2009. — 2 с.

<sup>3</sup> Методика М 04-60-2009 (ФР.1.31.2010.07016). Определение кофеина и теобромину в чае, кофе, какао и БАД: Группа компаний «Люмэкс»: дата введения 2009. — Москва: 2009.

теобромину может быть использовано как индикатор содержания какао-продуктов.

Цель работы: разработка методики определения массовой доли сухого обезжиренного остатка какао в кондитерских изделиях, в сырье и полуфабрикатах для их производства по содержанию алкалоидов.

## 2. Материалы и методы

Объектами исследования являлись образцы сырья, полуфабрикатов шоколадного производства, такие как какао-бобы, какао-порошок, какао тертое, масло какао, какао вевла, шоколадная глазурь, а также различные наименования шоколада и кондитерские плитки, которые были отобраны случайным образом. Какао-бобы, какао-порошок, какао тертое, масло какао, какао вевла, шоколадная глазурь получены из торговой сети. Теобромин и кофеин из кондитерских изделий, полуфабрикатов и сырья определяют после кислотного гидролиза образцов. Исследования содержания кофеина и теобромину проведены с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель 105 М» (Россия) с фотометрическим детектором, при длине волны 270 нм по методике определения массовой доли теобромину и кофеина в кондитерских изделиях (МВИ 46-00334675-2015)<sup>4</sup>. Для приготовления контрольного образца теобромину использован теобромин фирмы SIGMA ( $\geq 99,0\%$ ).

Содержание алкалоида в образце ( $C$ , мг/100 г) рассчитывают по формуле:

$$C = \frac{A \times C_c \times V}{A_c \times 10 \times m}, \quad (1)$$

где  $C_c$  — концентрация теобромину в контрольном образце, мг/л;

$A$  — поглощение образца, %;

$A_c$  — поглощение контрольного образца, %;

$V$  — объем гидролизата/дистиллированной воды для растворения экстракта, мл;

$m$  — масса навески, г.

При определении содержания теобромину проводят два измерения в условиях повторяемости ГОСТ ИСО 5725-1-2002<sup>5</sup>. Результат определения массовой доли алкалоидов представляли в виде формулы:

$$(C_{cp} \pm \Delta) \% \text{ при } P = 0,95, \quad (2)$$

где  $\Delta$  — абсолютная погрешность определений. Ее рассчитывали по формуле:

$$\Delta = \delta \cdot 0,01 \cdot C_{cp}, \quad (3)$$

где  $\delta$  — граница относительной погрешности, равная 5,1%.

Определение массовой доли жира в какао-бобах, какао тертом, какао-порошке проводили по ГОСТ 31902-2012<sup>6</sup>, результат представляли в виде среднего значения и стандартного отклонения ( $Y_{cp} \pm \Delta$ ) при доверительной вероятности  $P = 0,95$ .

Результаты экспериментов определения массовой доли сухого обезжиренного остатка какао представляли в виде среднего значения и стандартного отклонения ( $M_{cp} \pm \Delta$ ) при доверительной вероятности  $P = 0,95$  ( $M_{cp} \pm \Delta$ )%. Математическое ожидание рассчитывали по формуле [14]:

$$M(x) = \sum_{i=1}^n x_i p_i, \quad (4)$$

где  $x_i$  — результат при  $i$ -том эксперименте;

$p_i$  — вероятность получения результата  $x_i$ ;

$n$  — количество экспериментов.

Метрологические характеристики методики: предел повторяемости, предел воспроизводимости, показатель точности (границы относительной погрешности) рассчитаны по формулам в соответствии с РМГ 61-2010<sup>7</sup>.

Оценка установления правильности методики проведена с учетом применения однофакторных планов эксперимента [14] и в соответствии с РМГ 61-2010<sup>7</sup>.

<sup>4</sup> Методика МВИ 46-00334675-2015. Определение массовой доли теобромину и кофеина в кондитерских изделиях: ФГБНУ ВНИИКИ: дата введения 2015. — Москва: 2015. — 6 с.

<sup>5</sup> ГОСТ ИСО 5725-1-2024 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения». М.: Стандартинформ, 2024. — 21 с.

<sup>6</sup> ГОСТ 31902-2012 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира». М.: Стандартинформ, 2014. — 21 с.

<sup>7</sup> РМГ 61-2010. Государственная система обеспечения единства измерений показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки М.: Стандартинформ, 2013. — 62 с.

### 3. Результаты и обсуждение

Для установления зависимости содержания алкалоидов и сухого обезжиренного остатка какао в различных наименованиях кондитерских изделий проведены исследования какао-бобов, какао тертого и какао-порошка с известным количеством сухого обезжиренного остатка какао.

Установлено, что содержание кофеина и теобромину в сырье и полуфабрикатах шоколадного производства находится в широком диапазоне. Проведен пересчет содержания теобромину в какао-бобах на сухой обезжиренный остаток какао (СООК), содержащийся в образцах (Таблица 1).

Таблица 1. Содержание кофеина и теобромину в какао-бобах  
Table 1. Caffeine and theobromine content in cocoa beans

Какао бобы	Массовая доля жира, %, ( $Y_{cp} \pm \Delta$ )	Содержание алкалоидов, мг/100 г ( $C_{cp} \pm \Delta$ )		Содержание теобромину в пересчете на СООК, мг/100 г, ( $M_{cp} \pm \Delta$ )
		кофеин	теобромин	
№ 1	51,5±0,8	65,2±3,3	706±36,0	1455,7±74,2
№ 2	49,8±0,8	138±7,0	847±43,2	1687,3±86,0
№ 3	50,2±0,8	204±10,4	775±39,5	1556,2±79,4
№ 4	50,3±0,8	121±6,2	894±45,5	1798,8±91,7
№ 5	51,2±0,8	172±8,8	811±41,3	1661,9±84,8
№ 6	53,2±0,8	59,7±3,0	646±32,9	1380,3±70,4
№ 7	51,4±0,8	36,3±1,8	832±42,4	1711,9±87,3
№ 8	51,8±0,8	92,2±4,7	794±40,4	1647,3±84,0
№ 9	51,6±0,8	75,1±3,8	822±41,9	1698,3±86,6
№ 10	51,5±0,8	112±5,7	844±43,0	1740,2±88,8
№ 11	51,8±0,8	98,0±5,0	779±39,7	1616,2±82,4
№ 12	52,0±0,8	120±6,1	823±41,9	1714,6±87,4
№ 13	51,7±0,8	107±5,5	787±40,1	1629,4±83,1
№ 14	51,5±0,8	90,0±4,6	815±41,5	1680,4±85,7

Таким образом, получены новые данные о содержании кофеина и теобромину в какао-бобах, а также содержание теобромину в пересчете на сухой обезжиренный остаток какао. В статье [10] авторы не нашли корреляцию между количествами полифенолов и теобромину. Анализ массива данных, приведённых в работе [10] и в базе данных USDA (Министерства сельского хозяйства США) по пищевой ценности пищевых продуктов (пункты 19902–19904) [15], указывает на корреляцию количества теобромину и сухого обезжиренного остатка какао.

Нами установлено, что содержание теобромину в пересчете на сухой обезжиренный остаток какао находится в относительно узком диапазоне от 1380 до 1798 мг/100 г, поэтому можно предположить, что полученные результаты позволяют оценивать содержание сухого обезжиренного остатка какао в продуктах по уровню теобромину.

Проведены исследования содержания алкалоидов и сделан пересчет содержания теобромину в других основных сырьевых ингредиентах, которые используются при производстве кондитерских изделий, в том числе в какао-порошке и в какао тертом на СООК (Таблицы 2, 3).

Таблица 2. Содержание кофеина и теобромину в какао-порошке  
Table 2. Caffeine and theobromine content in cocoa powder

Какао порошок	Массовая доля жира, %, ( $Y_{cp} \pm \Delta$ )	Содержание алкалоидов, мг/100 г ( $C_{cp} \pm \Delta$ )		Содержание теобромину в пересчете на СООК, мг/100 г, ( $M_{cp} \pm \Delta$ )
		кофеин	теобромин	
№ 1	12,1±0,8	51,0±2,6	1325±67,5	1507,4±76,9
№ 2	10,9±0,8	62,9±3,2	1401±71,4	1572,4±80,2
№ 3	10,5±0,8	27,8±1,4	1273±64,9	1422,3±72,5
№ 4	13,4±0,8	22,2±1,1	1369±69,8	1580,8±80,6
№ 5	13,2±0,8	24,2±1,2	1299±66,2	1496,5±76,3
№ 6	10,2±0,8	33,1±1,7	1493±76,1	1662,6±84,8
№ 7	15,5±0,8	17,0±0,9	1306±66,6	1545,6±78,8
№ 8	14,3±0,8	28,9±1,5	1078±54,9	1257,9±64,2
№ 9	11,5±0,8	46,5±2,4	1504±76,7	1699,4±86,7
№ 10	12,2±0,8	128±6,5	1535±78,2	1748,3±89,2
№ 11	11,3±0,8	23,7±1,2	1120±57,1	1262,7±64,4
№ 12	14,1±0,8	25,6±1,3	1301±66,3	1514,6±77,2
№ 13	10,3±0,8	24,5±1,2	1046±53,3	1166,1±59,5
№ 14	12,8±0,8	28,2±1,4	1217±62,0	1395,6±71,2

Содержание теобромину в 11 образцах какао-порошка (без учета образцов № 8, 11, 13) в пересчете на сухой обезжиренный остаток какао также находится в относительно узком диапазоне от 1395 до 1748 мг/100 г, что также можно использовать для разработки методики определения массовой доли какао-продуктов в кондитерских изделиях по содержанию теобромину. Содержание кофеина варьируется от 23,7 до 128,5 мг/100 г, что делает его ненадежным показателем для разработки методики определения какао-продуктов.

Проведен пересчет содержания теобромину в какао тертом на СООК (Таблица 3).

Таблица 3. Содержание кофеина и теобромину в какао тертом  
Table 3. Caffeine and theobromine content in cocoa mass

Какао тертое	Массовая доля жира, %, ( $Y_{cp} \pm \Delta$ )	Содержание алкалоидов, мг/100 г, ( $C_{cp} \pm \Delta$ )		Содержание теобромину в пересчете на СООК, мг/100 г, ( $M_{cp} \pm \Delta$ )
		кофеин	теобромин	
№ 1	51,7±0,8	26,3±1,3	633±32,2	1310,6±66,8
№ 2	50,5±0,8	52,1±2,7	760±38,7	1535,4±78,3
№ 3	51,4±0,8	62,9±3,2	765±39,0	1574,1±80,3
№ 4	50,4±0,8	59,0±3,0	704±35,9	1419,4±72,4
№ 5	51±0,8	58,5±3,0	725±36,9	1479,6±75,5
№ 6	50,7±0,8	58,1±3,0	644±32,8	1306,3±66,6
№ 7	52,1±0,8	68,3±3,5	707±36,0	1476,0±75,3
№ 8	52,3±0,8	43,7±2,2	738±37,6	1547,2±78,9
№ 9	51,8±0,8	54,8±1,8	892±45,4	1850,6±94,4
№ 10	51,2±0,8	38,7±2,0	945±48,1	1936,5±98,8
№ 11	51,5±0,8	47,9±2,4	696±35,4	1429,2±72,9
№ 12	52±0,8	28,6±1,5	753±38,4	1568,8±80,0
№ 13	51,4±0,8	54,3±2,8	877±44,7	1804,5±92,0
№ 14	50,3±0,8	29,8±1,5	741±37,7	1490,9±76,0

Содержание теобромину в 14 образцах какао тертого в пересчете на сухой обезжиренный остаток какао находится в диапазоне от 1306 до 1936 мг/100 г, из которых 9 образцов содержат сухой обезжиренный остаток какао в узком диапазоне от 1419 до 1574 мг/100 г. Содержание кофеина варьируется в диапазоне от 26,3 до 68,3 мг/100 г, при этом минимальные и максимальные значения различаются более чем в 2 раза.

Полученные различные диапазоны содержания теобромину обусловлены различным содержанием жира в жировой фазе исследованных продуктов.

Результаты определения содержания алкалоидов в какао-продуктах (какао-бобы, какао-порошок и какао тертое) соответствуют ранее полученным данным, представленным в работах [5,16–19]. Они подтверждают гипотезу о возможности использования данных по содержанию теобромину для разработки методики определения какао-продуктов в кондитерских изделиях по содержанию алкалоидов.

Полученные данные также согласуются с результатами работы [20], в которой предложен расчет количества сухих обезжиренных веществ какао на основе содержания теобромину. Однако у авторов этой работы нет четкого обоснования коэффициента пересчета.

Массив полученных данных по содержанию теобромину позволяет провести математическую обработку для установления коэффициента пересчета содержания теобромину на сухой обезжиренный остаток какао и расчета метрологических характеристик. Проведена математическая обработка полученных данных содержания теобромину в какао-бобах, какао тертом, какао-порошке по методу Гаусса (Рисунок 1).

Полученные результаты имеют нормальное распределение по Гауссу с непрерывным распределением вероятностей с пиком в центре, при котором основная доля образцов по содержанию теобромину (в пересчете на СООК) сосредоточена в диапазоне 1300–1700 мг/100 г. Распределение характеризуется математическим ожиданием 1560,5 мг/100 г, медианой 1562,5 мг/100 г и средним квадратичным отклонением 169,6 мг/100 г теобромину в пересчете на СООК.

Содержание кофеина в какао-масле находится в диапазоне от 10,2 мг/100 г до 24,3 мг/100 г. Содержание теобромину в какао-масле незначительное и находится в диапазоне от 0 до 8,0 мг/100 г (Таблица 4).

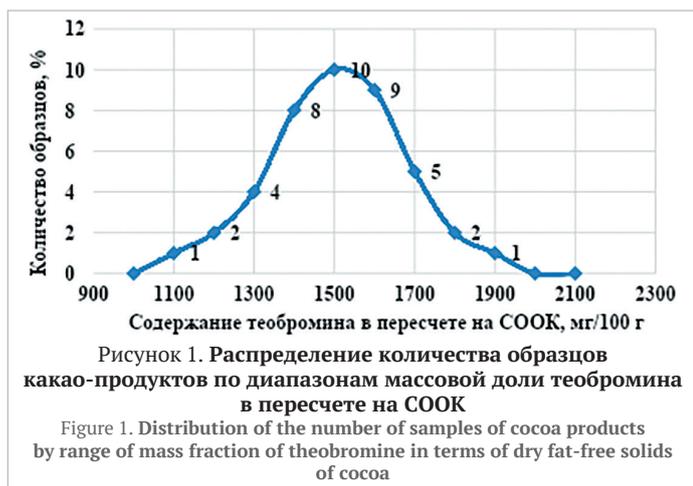


Таблица 4. Содержание кофеина и теобромину в какао-масле

Table 4. Caffeine and theobromine content in cocoa butter

Какао масло	Содержание алкалоидов, мг/100 г	
	кофеин	теобромин
№ 1	13,1±0,7	0
№ 2	13,2±0,7	0
№ 3	24,3±1,2	5,2±0,3
№ 4	10,2±0,5	8,0±0,4
№ 5	11,1±0,6	4,2±0,2
№ 6	12,2±0,6	2,5±0,1
№ 7	15,0±0,8	0
№ 8	12,1±0,6	4,7±0,2
№ 9	14,4±0,7	6,3±0,3
№ 10	12,1±0,6	0
№ 11	12,7±0,6	5,5±0,3
№ 12	14,5±0,7	4,7±0,2

Сухой обезжиренный остаток какао в жировой фракции какао-бобов (какао тертого), какао-порошка, представляющей собой чистое какао-масло, отсутствует.

Содержание кофеина в какао-бобах, какао-порошке, какао тертом находится в широких диапазонах, в то время как диапазоны содержания теобромину значительно меньше. Поэтому содержание теобромину может быть использовано как индикатор содержания какао-продуктов для количественной характеристики нежировых компонентов какао.

На основании полученных экспериментальных данных рассчитано содержание теобромину в пересчете на СООК, равное 1560 мг/100 г, и предложена формула для расчета массовой доли сухого обезжиренного остатка какао в различных наименованиях сахаристых кондитерских изделий (М). При их изготовлении используются продукты переработки какао-бобов, они позиционируются как изделия с какао-продуктами:

$$M = \frac{C \times 100}{C_{\text{СООК}}}, \quad (5)$$

где С — содержание теобромину в исследованном образце, мг/100 г;  
 $C_{\text{СООК}}$  — содержание теобромину в сухом обезжиренном остатке какао, мг/100 г;  
 100 — коэффициент пересчета на 100 г образца.

На основе результатов исследований разработана методика определения массовой доли сухого обезжиренного остатка какао в сахаристых кондитерских изделиях. По содержанию теобромину предложено оценивать массовую долю сухого обезжиренного остатка какао. Разработанная методика позволяет проводить измерения массовой доли сухого обезжиренного остатка какао в диапазоне от 0,01% до 70%, при этом были определены метрологические показатели методики, показатель точности (границы относительной погрешности) составил 4,9%.

Получены экспериментальные значения содержания кофеина и теобромину в различных видах шоколада (Таблица 5).

Таблица 5. Содержание кофеина и теобромину в различных наименованиях шоколада

Table 5. Caffeine and theobromine content in various types of chocolate

№	Шоколад	Содержание алкалоидов, мг/100 г		Содержание СООК, %
		кофеин	теобромин	
1	темный № 1	9,0±0,5	461±23,5	29,5±1,4
2	темный № 2	26,0±1,3	336±17,1	21,5±1,1
3	темный № 3	11,0±0,6	394±20,1	25,2±1,2
4	темный № 4	248±12,6	239±12,2	15,3±0,7
5	темный с цельным миндалем	125±6,4	275±14,0	17,6±0,9
6	темный с фруктово-ягодной начинкой	508±25,9	243±12,4	15,6±0,8
7	темный с фундуком	274±14,0	428±21,8	27,4±1,3
8	молочный с фундуком и печеньем	300±15,3	137±7,0	8,8±0,4
9	молочный 32% какао	473±24,1	127±6,5	8,1±0,4
10	молочный с фундуком	89,0±4,5	141±7,2	9,0±0,4
11	молочный с цельным фундуком	46,0±2,3	89,0±4,5	5,7±0,3
12	молочный с дробленным фундуком	357±18,2	157±8,0	10,1±0,5
13	белый пористый	2,0±0,1	140±7,1	2,0±0,4

Темный шоколад характеризуется относительно высоким содержанием сухого обезжиренного остатка какао и содержанием теобромину от 239 мг/100 г до 461 мг/100 г. В молочном шоколаде содержится существенно меньшее количество теобромину — от 89,0 мг/100 г до 157 мг/100 г.

Содержание кофеина в плитке кондитерской составило (16,0–98,0) мг/100 г, а теобромину — (12,0–130) мг/100 г (Таблица 6).

Таблица 6. Содержание кофеина и теобромину в плитке кондитерской

Table 6. Caffeine and theobromine content in confectionery bars

Плитка	Содержание алкалоидов, мг/100 г		Содержание СООК, %
	кофеин	теобромин	
кондитерская без добавлений	98,0±5,0	130±6,6	8,3±0,4
кондитерская с крупными добавлениями	16,0±0,8	77,0±3,9	4,9±0,2
кондитерская молочная пористая	35,0±1,8	12,0±0,6	3,2±0,2

Низкое содержание теобромину в плитке кондитерской обуславливает низкую массовую долю сухого обезжиренного остатка какао. Стандартизованные методы, позволяющие определить содержание сухого обезжиренного остатка какао, в настоящее время отсутствуют. По разработанной методике определили содержание теобромину и сухого обезжиренного остатка какао в начинках для вафель, в которых по маркировке были заявлены продукты переработки какао-бобов.

Таблица 7. Содержание теобромину и сухого обезжиренного остатка какао в различных наименованиях начинок для вафель

Table 7. Content of theobromine and dry fat-free solids of cocoa in various types of waffle fillings

№	Начинки для вафель	Содержание теобромину, мг/100 г	Содержание СООК, %
1	с ароматом шоколада № 1	1,5±0,1	0,1±0,005
2	№ 2	6,4±0,3	0,4±0,02
3	со вкусом шоколада № 3	29,1±1,5	1,9±0,1
4	№ 4	45,1±2,3	2,9±0,1
5	№ 5	78,2±4,0	5±0,2
6	с шоколадной начинкой № 6	91,5±4,7	5,9±0,3
7	с жировой прослойкой, вкус шоколада № 7	162,2±8,3	10,4±0,5
8	№ 8	203,5±10,4	13±0,6
9	№ 9	272,5±13,9	17,4±0,9
10	с шоколадной начинкой № 10	298±15,2	19,1±0,9

Содержание теобромона в пересчете на СООК в начинках находилось в широком диапазоне от 0,1 мг/100 г до 19,1 мг/100 г. При этом выявлено, что некоторые образцы отличаются высоким содержанием теобромона в пересчете на СООК.

Исследованы 26 образцов кондитерских изделий, в том числе шоколад, кондитерские плитки, начинки для вафель, которые были включены в результаты данной работы и являются представителями значительного ассортимента сахаристых кондитерских изделий. Также были проведены исследования мучных кондитерских изделий, таких как «шоколадные» пряники, печенье, результаты которых не были использованы в данной работе.

Использованный подход позволяет определять массовую долю сухого обезжиренного остатка какао в полуфабрикатах и многокомпонентных кондитерских изделиях, для изготовления которых использованы какао-продукты и для которых не разработаны методики определения содержания какао-продуктов. Полученные результаты могут быть распространены и на другие группы сахаристых кондитерских изделий, для изготовления которых использованы продукты переработки какао.

#### 4. Выводы

Теобромин является обязательным компонентом какао-продуктов, но не содержится в других видах сырья, используемых при изготовлении сахаристых кондитерских изделий, поэтому содержание теобромона может быть использовано как индикатор содержания какао-продуктов.

Установлена корреляция между содержанием теобромона и массовой долей сухого обезжиренного остатка какао. Содержание теобромона может быть использовано как индикатор содержания какао-продуктов. Получена формула расчета массовой доли сухого обезжиренного остатка какао в сахаристых кондитерских изделиях.

Проведены исследования содержания теобромона и кофеина в шоколаде и сырье для его производства. На основе экспериментальных данных рассчитано содержание теобромона в пересчете на СООК, равное 1560 мг/100 г, и предложена формула для определения массовой доли СООК в различных сахаристых кондитерских изделиях.

Разработана методика определения массовой доли сухого обезжиренного остатка какао в кондитерских изделиях, позволяющая анализировать его содержание в шоколаде, кондитерских плитках, начинках и других сахаристых кондитерских изделиях, изготовленных с использованием какао-продуктов.

Предложенный подход может быть использован в качестве эффективного экспрессного способа исследований состава многокомпонентных сахаристых кондитерских изделий, проводимых при оценке их качества, для определения количества сухого обезжиренного остатка какао — важнейшего идентификационного критерия содержания продуктов переработки какао-бобов.

Дальнейшие исследования направлены на оценку качества мучных кондитерских изделий, изготовленных с использованием какао-продуктов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Minifie, B. W. (1989). *Chocolate, cocoa and confectionery: Science and technology*. Springer Dordrecht, 1989. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-7924-9>
- Ageikina, I. I., Lazareva, E. G., Mikhailova, I. Yu., Semipyatny, V. K. (2020). Results designing and analysis when introducing new beverage identification criteria. *Food Systems*, 3(3), 4–7. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2020-3-3-4-7>
- Панасюк, А. Л., Кузьмина, Е. И., Свиридов, Д. А., Ганин, М. Ю. (2023). Индивидуальный комплексный подход к идентификации меда с использованием инструментальных методов анализа и статистической обработки результатов. *Пищевые системы*, 6(2), 211–225. [Panasyuk, A. L., Kuzmina, E. I., Sviridov, D. A., Ganin, M. Yu. (2023). Individual integrated approach to honey identification using instrumental methods of analysis and statistical processing of results. *Food Systems*, 6(2), 211–225. (In Russian)] <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-211-225>
- Bobková, A., Árvay, J., Šnirc, M., Belej, L., Bobko, M., Brenkusová, H. et al. (2017). Evaluation of individual chemical components in different types of chocolate. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 50(2), 157–161.
- Tanaka, T., Kimura, K., Kan, K., Shindo, T., Sasamoto, T. (2021). Determination of caffeine, theobromine, and theophylline in chocolate using LC–MS. *Food Hygiene and Safety Science*, 62(4), 119–124. <https://doi.org/10.3358/shokueishi.62.119> (In Japanese)
- Кондратьев, Н. Б., Белова, И.А., Мамонова, Ю. А., Парашина, Ф. И., Савенкова, Т. В., Аксенова, Л. М. (2015). Идентификация шоколада по содержанию кофеина и теобромона. *Кондитерское производство*, 6, 30–31 [Konratyev, N. B., Belova, I. A., Mamonova, Yu. A., Parashina, F. I., Savenkova, T. V., Aksenova, L. M. (2015). Chocolate identification of the caffeine and theobromine. *Confectionery Production*, 6, 30–31. (In Russian)]
- Коренман, Я. И., Мокшина, Н. Я., Кривошеева, О. А. (2012). Определение теобромона в темном шоколаде. *Аналитика и контроль*, 16(3), 285–288. [Korenman, Ya. I., Mokshina, N. Ya., Krivosheeva, O. A. (2012). Theobromine determination in dark chocolate. *Analytics and Control*, 16(3), 285–288. (In Russian)]
- Кузьмина, Е. И., Ганин, М. Ю., Свиридов, Д. А., Егорова, О. С., Шилкин, А. А., Акбулатова, Д. Р. (2022). Использование современных инструментальных методов для идентификации кофе. *Пищевые системы*, 5(1), 30–40. [Kuzmina, E. I., Ganin, M. Yu., Sviridov, D. A., Egorova, O. S., Shilkin, A. A., Akbulatova, D. R. (2022). Using modern instrumental methods for coffee identification. *Food Systems*, 5(1), 30–40. (In Russian)] <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-1-30-40>
- Калинин, А. Я. (2014). Анализ рисков потребления кофеинсодержащих пищевых продуктов. *Пищевая промышленность*, 7, 20–25. [Kalinin, A. Y. (2014). Risk analysis of caffeine-containing foods consumption. *Food Industry*, 7, 20–25. (In Russian)]
- Cooper, K. A., Campos-Giménez, E., Jiménez Alvarez, D., Rytz, A., Nagy, K., Williamson, G. (2007). Predictive relationship between polyphenol and nonfat cocoa solids content of chocolate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(1), 260–265. <https://doi.org/10.1021/jf072153c>
- Alañón, M. E., Castle, S. M., Siswanto, P. J., Cifuentes-Gómez, T., Spencer, J. P. E. (2016). Assessment of flavanol stereoisomers and caffeine and theobromine content in commercial chocolates. *Food Chemistry*, 208(1), 177–184. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.116>
- Марченко, Л. А., Мокшина, Н. Я., Пахомова, О. А., Соколова, А. В., Нживенко, В. Н. (2021). Оптимизация экстракции кофеина и теобромона из различных сортов чая блок-сополимером плуроник. *Известия вузов. Пищевая технология*, 5–6(383–384), 32–36. [Marchenko, L. A., Mokshina, N. Ya., Pakhomova, O. A., Sokolova, A. V., Nzhivenko, V. N. (2021). Optimization extraction of coffeine and theobromine from various varieties of tea with pluronic block copolymer. *Izvestiya Vuzov. Food Technology*, 5–6(383–384), 32–36. (In Russian)] <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2021.5-6.6>
- Pavlovic, N., Jakovljevic, M., Miskulin, M., Molnar, M., Ackar, D., Jokic, S. (2019). Green extraction techniques of bioactive components from cocoa shell. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 11(1), 11–20. <http://doi.org/10.17508/CJFST.2019.11.1.02>
- Грачев, Ю. П., Плаксин, Ю. М. (2005). Математические методы планирования экспериментов. М.: Дели принт, 2005. [Grachev, Yu. P., Plaksin, Yu. M. (2005). Mathematical methods of experimental design. Moscow: DeLi print, 2005. (In Russian)]
- USDA Database. Retrieved from <https://www.usda.gov/> Accessed 07.05.2024.
- Alifiya, F., Guntarti, A. (2022). Theobromine content in chocolate products: A review. *Journal of Halal Science and Research*, 2(1), 24–32. <https://doi.org/10.12928/jhsr.v2i1.4434>
- Eren, F. H., Kabaran, S. (2023). Evaluation of theobromine content and the relationship between cocoa percentages in dark chocolates. *Functional Foods in Health and Disease*, 13(10), 520–532. <http://doi.org/10.31989/ffhd.v13i10.1141>
- Hasegawa, T., Takahashi, K., Saijo, M., Ishii, T., Nagata, T. (2009). Rapid determination of theophylline, theobromine and caffeine in dietary supplements containing guarana by ultra-performance liquid chromatography. *Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 50(6), 304–310. <http://doi.org/10.3358/shokueishi.50.304> (In Japanese)
- Brunetto, M. de R., Gutiérrez, L., Delgado, Y., Galignani, M., Zambrano, A., A'lvaro Gomez, A. et al. (2007). Determination of theobromine, theophylline and caffeine in cocoa samples by a high-performance liquid chromatographic method with on-line sample cleanup in a switching-column system. *Food Chemistry*, 100(2), 459–467. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.007>
- Сабирова, И. Б., Сивкова, Г. А. (2015). Химический анализ шоколада. *Символ науки: международный научный журнал*, 3, 3–4. [Sabirova, I. B., Sivkova, G. A. (2015). Chemical analysis of chocolate. *Symbol of Science: International Scientific Journal* 3, 3–4. (In Russian)]

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
<b>Принадлежность к организации</b>	<b>Affiliation</b>
<p><b>Кондратьев Николай Борисович</b> — доктор технических наук, главный научный сотрудник, отдел современных методов оценки качества кондитерских изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности 107023, Москва, ул. Электrozаводская, 20 Тел.: + 7–495–963–54–75 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-332-9621">https://orcid.org/0000-0003-332-9621</a></p>	<p><b>Nikolay B. Kondratev</b>, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Department of Modern Methods of Quality Assessment of Confectionery Products, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry 20, Electrozavodskaya Str., 107023, Moscow, Russia Tel.: + 7–495–963–54–75 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-332-9621">https://orcid.org/0000-0003-332-9621</a></p>
<p><b>Руденко Оксана Сергеевна</b> — кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности 107023, Москва, ул. Электrozаводская, 20 Тел.: +7–495–962–17–40 E-mail: oxana0910@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-2436-4100">https://orcid.org/0000-0003-2436-4100</a> * автор для контактов</p>	<p><b>Oxana S. Rudenko</b>, Candidate of Technical Sciences, Deputy Director for Scientific Work, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry 20, Electrozavodskaya Str., 107023, Moscow, Russia Tel.: +7–495–962–17–40 E-mail: oxana0910@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-2436-4100">https://orcid.org/0000-0003-2436-4100</a> * corresponding author</p>
<p><b>Осипов Максим Владимирович</b> — заведующий отделом, отдел современных методов оценки качества кондитерских изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности 107023, Москва, ул. Электrozаводская, 20 Тел.: + 7–495–963–54–75 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-1316-259X">https://orcid.org/0000-0002-1316-259X</a></p>	<p><b>Maxim V. Osipov</b>, Head of Department, Department of Modern Methods of Quality Assessment of Confectionery Products, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry 20, Electrozavodskaya Str., Moscow, 107023, Russia Tel.: + 7–495–963–54–75 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-1316-259X">https://orcid.org/0000-0002-1316-259X</a></p>
<p><b>Белова Ирина Александровна</b> — инженер-исследователь, отдел современных методов оценки качества кондитерских изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности 107023, Москва, ул. Электrozаводская, 20 Тел.: +7–916–849–23–42 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-8025-952X">https://orcid.org/0000-0001-8025-952X</a></p>	<p><b>Irina A. Belova</b>, Research Engineer, Department of Modern Methods of Quality Assessment of Confectionery Products, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry 20, Electrozavodskaya Str., 107023, Moscow, Russia Тел.: +7–916–849–23–42 E-mail: conditerprom_lab@mail.ru ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-8025-952X">https://orcid.org/0000-0001-8025-952X</a></p>
<b>Критерии авторства</b>	<b>Contribution</b>
<p>Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат.</p>	<p>Authors equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism.</p>
<b>Конфликт интересов</b>	<b>Conflict of interest</b>
<p>Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.</p>	<p>The authors declare no conflict of interest.</p>