




Дифференциальная сканирующая калориметрия какао масла и шоколадной глазури

Игорь А. Саранов	¹	mr.saranov@mail.ru	 0000-0002-9510-5168
Олег Б. Рудаков	²	robi57@mail.ru	 0000-0003-2527-2857
Константин К. Полянский	³	kaf-kit@vfreu.ru	 0000-0002-8817-1466

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия




² Воронежский государственный технический университет, ул. 20 лет Октября, 84, Воронеж, 394006, Россия

³ Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67а, г. Воронеж, 394030, Россия

Аннотация. В настоящее время сформировался широкий рынок эквивалентов, заменителей и улучшителей масла какао для кондитерской и молочной промышленности. Актуальной задачей является разработка оперативных инструментальных методов контроля качества масла какао и его заменителей. Для пищевой технологии к важнейшим характеристикам жировой фазы относятся ее теплофизические параметры. Метод дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) становится одним из наиболее перспективных способов аналитического контроля масложировой продукции. С его помощью в выполненной работе получены теплофизические данные – температуры максимумов эндотермических пиков и их площади, для масла какао и типичных образцов шоколадной глазури, применяемых на предприятиях по переработке молочной продукции Центрально-Черноземного региона для изготовления творожных сырков. Данные ДСК сопоставлены с хроматографическими данными по триглицеридному составу жировой фазы масла какао, эквивалентов масла какао, заменителей лауринового и нелауринового типа и улучшителей масла какао POP и SOS типов. Показано, что методом ДСК можно контролировать качество какао масла и шоколадной глазури, идентифицировать различную по происхождению и триглицеридному составу шоколадную продукцию. Термограммы плавления, полученные методом ДСК, имеют высокую чувствительность к составу триглицеридов жировой фазы. ДСК позволяет надежно идентифицировать образцы масла какао и глазури по кривым плавления в диапазоне температур от -100 до +50 °С. Установлено, что основной пик плавления масла какао и его заменителей, обусловленный наличием определенного набора триглицеридов, наблюдается в диапазоне температур от -5 до 30 °С. При исследовании глазури, пик плавления видоизменяется: раздваивается, расширяется или сужается. Дополнительное применение компьютерного разделения суперпозиции неразделенных пиков на кривых плавления ДСК увеличивает информативность метода и повышает надежность идентификации жировой фазы. Метод ДСК отличается простотой пробоподготовки, имеет хорошие воспроизводимость и другие метрологические характеристики и может быть самостоятельным методом идентификации и контроля качества масложировой продукции.

Ключевые слова: масло какао, шоколадная глазурь, дифференциально-сканирующая калориметрия, кондитерская промышленность, теплофизические параметры

Differential scanning calorimetry of cocoa butter and chocolate glaze

Igor A. Saranov	¹	mr.saranov@mail.ru	 0000-0002-9510-5168
Oleg B. Rudakov	²	robi57@mail.ru	 0000-0003-2527-2857
Konstantin K. Polansky	³	kaf-kit@vfreu.ru	 0000-0002-8817-1466

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² Voronezh State Technical University, ul. 20-letiya Oktiabria, 84, Voronezh, 394006, Russia

³ Russian Economic University named after G.V. Plekhanova (Voronezh branch), Karl Marx st., 67a, Voronezh, 394030, Russia

Abstract. Nowadays there is a wide market for cocoa butter equivalents, substitutes and improvers for the confectionery and dairy industries. An urgent task is the development of operational instrumental methods for cocoa butter and its substitutes quality control. Thermophysical parameters are among the most important characteristics of the fat phase for the food technology. Differential scanning calorimetry (DSC) is becoming one of the most promising methods for analytical control of fat and oil products. Thermophysical data (temperatures of the maximums of endothermic peaks and their areas) for cocoa butter and chocolate glaze typical samples applied at dairy processing enterprises of the Central black soil region for the production of chocolate glazed curd bars were obtained in the work performed with its help. DSC data were compared with chromatographic data on triglyceride composition of the fat phase of cocoa butter, cocoa butter equivalents, lauric and non-lauric substitutes, and POP and SOS cocoa butter improvers. It was shown that the DSC method can control the quality of cocoa butter and chocolate glaze, identify chocolate products of different origin and triglyceride composition. Melting thermograms obtained by DSC are highly sensitive to the fat phase triglyceride composition. DSC allows reliable identification of samples of cocoa butter and glaze by melting curves in the temperature range from -100 to +50 °C. It was found that the main melting peak of cocoa butter and its substitutes, due to the presence of a certain set of triglycerides, is observed in the temperature range from -5 to +30 °C. When examining glazes, the melting peak changes: it bifurcates, expands or narrows. Additional application of computer separation of the unseparated peaks superposition on the DSC melting curves increases the information content of the method and improves the reliability of the fat phase identification. The DSC method is characterized by sample preparation simplicity, has good reproducibility and other metrological characteristics and can be an independent method for fat and oil products identifying and quality control.

Keywords: cocoa butter, chocolate glaze, differential scanning calorimetry, confectionery industry, thermophysical parameters

Для цитирования

Саранов И.А., Рудаков О.Б., Полянский К.К. Дифференциальная сканирующая калориметрия какао масла и шоколадной глазури // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 2. С. 154–160. doi:10.20914/2310-1202-2020-2-154-160

For citation

Saranov I.A., Rudakov O.B., Polansky K.K. Differential scanning calorimetry of cocoa butter and chocolate glaze. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 2. pp. 154–160. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-2-154-160

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Масло какао (МК) является основным сырьевым компонентом шоколада, формирующим его отличительные органолептические свойства. МК состоит на 98% из триглицеридов (ТГ) и содержит 2% других минорных липидов и гидрофобных природных соединений [1]. Шоколадная глазурь согласно ГОСТ Р 53897–2010 «Глазурь. Общие технические условия» вырабатывается с применением какао-продуктов, в том числе МК, содержание которого в глазури предусмотрено не ниже 12%, а также жиры специального назначения, изготавливаемые из натуральных либо модифицированных растительных масел с добавлением или без добавления животных жиров; эквиваленты МК, обладающие совместимостью с ним в любых соотношениях, имеющие сходные с МК физико-химические свойства и состав жирных кислот (ЖК), содержащие не более 1% лауриновой кислоты, не менее 50% 2-олеодинасыщенных ТГ, не более 2% транс-изомеров ЖК, изготавливаемые из натуральных и фракционированных масел тропического происхождения или модифицированных растительных масел; улучшители МК SOS-типа, основным компонентом которых является 2-олеодистеарин (до 70%), содержащие не более 1% лауриновой кислоты, изготавливаемые из натуральных и фракционированных масел тропического происхождения либо модифицированных растительных масел. Кроме этого в глазури могут содержаться заменители МК POP-типа, обладающие частичной совместимостью с МК, основным компонентом которых является 2-олеодипальмитин (>50%), с массовой долей лауриновой кислоты не более 1%, изготавливаемых из натуральных и фракционированных масел тропического происхождения или модифицированных растительных масел. Наконец, в глазури могут добавляться нетемперированные заменители МК нелауринового типа и лауринового типа (содержащие не менее 40% процентов лауриновой кислоты).

Глазурованная продукция – творожные сырки, мороженое и др., пользуются большим спросом у потребителей. При температуре ниже 22 °С шоколадные глазури представляют собой гетерогенные дисперсные системы, в которых дисперсная фаза представлена микрокристаллами сахара и твердыми частицами какао-продуктов, а дисперсионная среда – микрокристаллами жира. Дисперсионная жировая среда обладает рядом характеристик, придающих шоколадным глазурям такие потребительские

свойства как внешний вид, реологию, термостабильность, вкус и аромат. Используемый в глазури жир определяет срок хранения шоколада, а также влияет на появление дефектов в случае неправильного хранения – поседение и миграцию [1–5]. Основным фактор, обуславливающий заданное качество шоколадных полуфабрикатов – это завершённая кристаллизация жировой среды в стабильной полиморфной форме [1–6]. МК, как и все жиры, характеризуется монотропическим полиморфизмом, когда менее стабильные полиморфные модификации образуются первыми и затем последовательно трансформируются в более устойчивые состояния. Установлено 6 полиморфных форм МК, из них 3 основных полиморфных состояния, которые обозначают как α -, β' - и β -форма, приведенные здесь в порядке повышения стабильности. Так, α -форма ($T_{пл} = 21 \div 24$ °С) при любых температурах сохраняется недолго; β' -форма ($T_{пл} = 27 \div 29$ °С) при комнатной температуре постепенно переходит в наиболее термодинамически устойчивую β -форму ($T_{пл} = 34 \div 35$ °С) [6]. Для перехода к стабильному полиморфному состоянию МК выдерживают при постоянной температуре, то есть, проводят темперирование.

МК является одним из наиболее простых натуральных жиров с преобладанием трех ТГ из пальмитиновой, олеиновой и стеариновой кислот (POP, POS и SOS) и до 20 минорных ТГ [1, 6]. На рисунке 1 представлен пример содержания ТГ в МК с различным числом атомов углерода в молекуле.

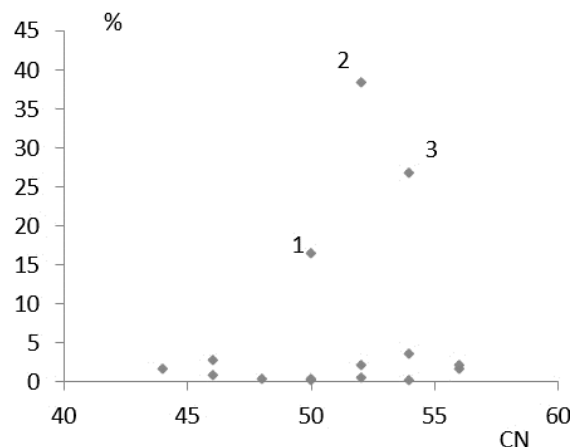


Рисунок 1. Распределение ТГ в МК (%) по числу атомов углерода в молекуле (CN): 1 – POP; 2 – POS; 3 – SOS

Figure 1. The distribution of TG in Cocoa oil (%) by the number of carbon atoms in the molecule (CN): 1 – POP; 2 – POS; 3 – SOS

С точки зрения технологии переработки маслянистого сырья и применения его в пищевой промышленности принято выделять 4 фракции триглицеридов: 1-я – тринасыщенные ТГ(S, S, S), 2-я – дианасыщенные, моновенасыщенные ТГ(S, S, U), 3-я – моновенасыщенные, дивенасыщенные ТГ(S, U, U); 4-я – тривенасыщенные ТГ(U, U, U) [7]. Отличительной особенностью основных ТГ, придающих специфику свойствам МК является их строение. Они являются симметричными моновенасыщенными ТГ (S, U, S), т. е. ТГ во 2-м положении остатка глицерина находится остаток моновенасыщенной кислоты – олеиновой, где saturated (S) – насыщенный, а unsaturated (U) – ненасыщенный остаток ЖК. В этом плане ТГ масла какао можно распределить следующим образом: доля ТГ(S, S, S) – 3÷6%, ТГ(U, U, U) – до 1%, ТГ(S, U, U) – 8÷15%, ТГ (S, U, S) – 75÷85%, из этих ТГ в масле какао содержится POP 13÷23%, POS – 36÷47%, и SOS – 22÷31%, симметричных ТГ (S, U, S), таких как SOL, POL и SOA может содержаться от десятых долей% до 1÷2% [1, 6, 9, 10]. Напомним обозначения остатков ЖК: P – пальмитиновая, S – стеариновая, L – лауриновая, M – миристиновая и A – арахидовая.

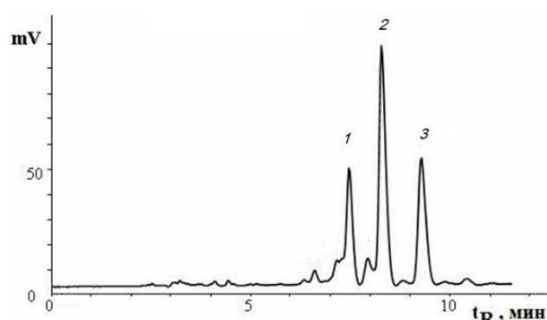


Рисунок 2. Разделение триглицеридов масла какао: 1 – POP; 2 – POS; 3 – SOS. Колонка 250×4.6 мм, Kromasil 100–5C18; подвижная фаза – ацетон (расход 1 мл/мин); термостат колонок 30 °C; детектор рефрактометрический [9]

Figure 2. Cocoa Butter Triglyceride Separation: 1 – POP; 2 – POS; 3 – SOS. Column 250×4.6 mm, Kromasil 100–5C18; the mobile phase is acetone (flow rate 1 ml / min); column thermostat 30 °C; refractometric detector [9]

Жиросодержащий и триглицеридный состав МК, его эквивалентов, заменителей и улучшителей хорошо изучен хроматографическими методами [1, 6, 8, 9]. Эти методы могут даже косвенно охарактеризовать теплофизические свойства МК и шоколадной глазури, так как, зная состав жира, можно ориентировочно спрогнозировать его свойства. На рисунке 2 приведена типичная хроматограмма ТГ масла какао, полученная методом обращенно-фазовой ВЭЖХ [9].

В этой статье обсуждены хроматографические данные различных марок шоколада и шоколадных глазурей, демонстрирующие возможности метода ВЭЖХ в выявлении фальсификатов и МК разного происхождения.

Метод ДСК позволяет напрямую охарактеризовать теплофизические свойства жира, имеющие большое значение для пищевой технологии. Эти свойства зависят от состава жира, а значит, метод ДСК позволяет в первом приближении получить данные о соотношении ТГ в анализируемом жире. ДСК уже давно нашел применение в изучении растительных масел и жиров [2, 10–15], однако его потенциал далеко не в полной мере реализован в аналитической практике контроля качества МК и глазурей. Так, установлено, что метод ДСК применим для распознавания индивидуальных особенностей производителя шоколада и его аналогов по параметрам кривой плавления жировой фазы и формы кривой [2].

Цель работы – совершенствование метода ДСК в контроле качества МК и шоколадных глазурей за счет применения компьютерного разделения суперпозиции неразделенных пиков на кривых плавления ДСК.

Материалы и методы

В работе использовали образцы МК (Barry Callebaut) и шоколадных глазурей (ООО «Зеленые линии»). Для проведения термического анализа использовали прибор синхронного термического анализа STA 449 F3, Jupiter®, фирмы NETZSCH. Для анализа брали навески образцов МК и глазури в количестве 15–20 мг. Жировую фазу из анализируемых образцов при регистрации ДСК не выделяли. Измерения теплофизических свойств проводили в диапазоне температур от -100 до +50 °C, скорость нагрева 5 град/мин. Охлаждение системы проводили жидким азотом. Измерения выполняли в атмосфере гелия (расход продувочного газа – 10 мл/мин, расход защитного газа – 10 мл/мин. Точность измерения температуры составляла ±0.3° C.

Обсуждение

ДСК, как известно, характеризует происходящие в веществе изменения в результате нагрева или охлаждения. Экспериментальные термограммы представляют собой зависимость теплового потока от температуры. На рисунке 3 приведена термограмма плавления образца МК, а на рисунке 4 – глазури № 1. В таблице 1 приведены температуры (T_i) максимумов обнаруженных эндоэффектов и площади соответствующих пиков (S_i).

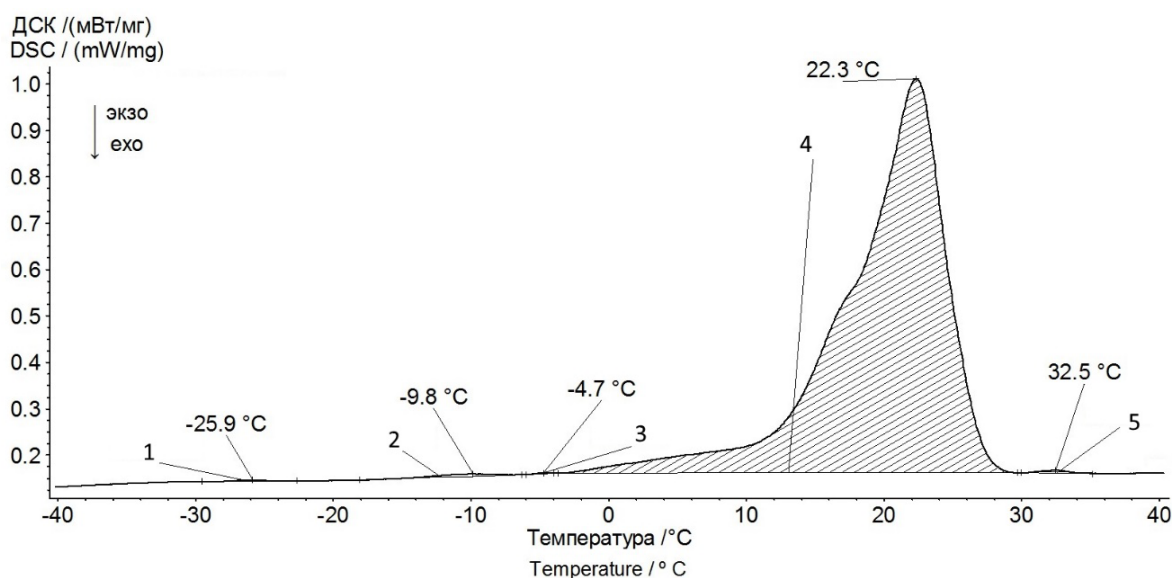


Рисунок 3. Термограмма ДСК плавления образца масла какао

Figure 3. DSC thermogram of melting cocoa butter sample

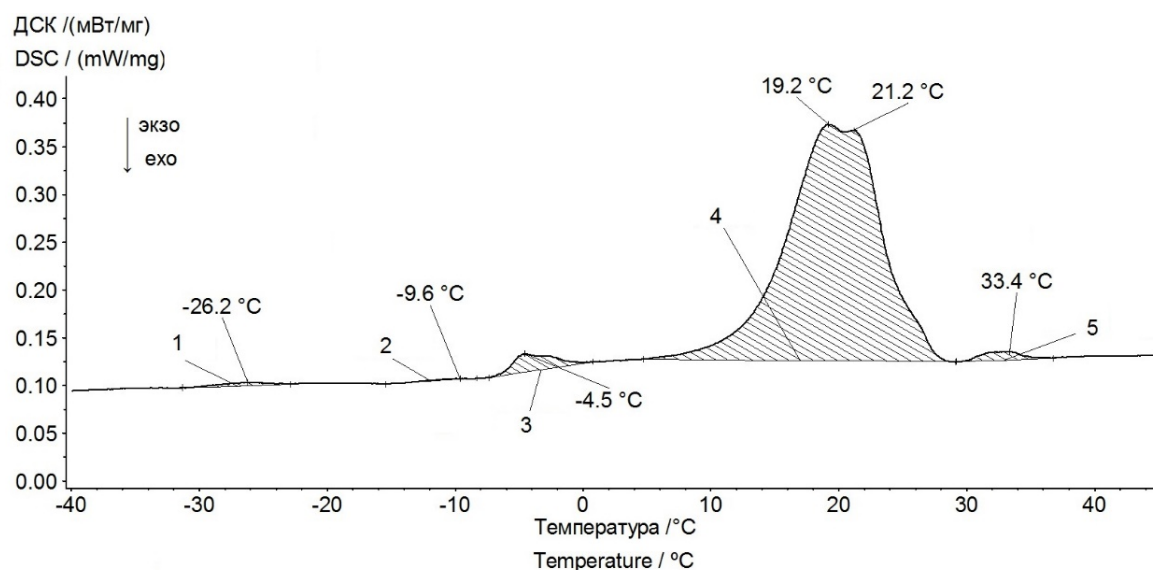


Рисунок 4. Термограмма ДСК плавления образца глазури № 1

Figure 4. Thermogram DSC melting sample glaze № 1

Таблица 1.

Количественные характеристики кривых плавления МК и шоколадных глазурей – температуры максимумов пиков T_i (°C) и их площади S_i (Дж/г)

Table 1.

Quantitative characteristics of the melting curves of MK and chocolate icing – the temperature of the peaks of the T_i peaks (°C) and their S_i area (J/g)

Продукт Product	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
МК Cacao butter	-25,9	-9,8	-4,7	22,3	32,5	0,09	0,27	0,02	82,94	0,20
Глазурь 1 Icing 1	-26,2	-9,6	-4,5	21,2	33,4	0,18	0,05	0,82	26,24	0,04
Глазурь 2 Icing 2	-25,4	-6,2	-0,5	32,1	-	0,09	0,04	0,30	36,04	-
Глазурь 3 Icing 3	-26,0	-8,9	1,3	21,8	31,7	0,04	0,90	0,34	26,87	0,03

Жировая фаза МК и глазурей похожи по характеру кривых плавления ДСК, так как содержат близкие по составу ТГ, однако не идентичны. Как показано в работах [11, 16], метод ДСК чувствителен к изменению состава жировой фазы на 3–5%, что превышает чувствительность рутинного хроматографического метода контроля ТГ. Проанализируем полученные данные. С одной стороны, чем меньше карбоновое число CN, тем более легкоплавким является ТГ, с другой стороны, ТГ с ненасыщенными ЖК имеют меньшую $T_{пл}$, чем ТГ с насыщенными ЖК, даже при высоком значении CN. Более тугоплавкие ТГ в свою очередь способны растворяться в расплавах ТГ с более низкой $T_{пл}$. Эти обстоятельства затрудняют однозначную интерпретацию кривых плавления, наблюдаемые для тепловых эффектов пики – это лишь суперпозиция пиков, характеризующих плавление различных триглицеридных фракций.

Для повышения информативности термограмм, полученных методом ДСК, весьма полезным может быть программное разделение суперпозиции пиков тепловых эффектов, накладывающихся друг на друга, например, в программе NETZSCH Peak Separation. Программа NETZSCH Peak Separation позволяет выполнять разбиение пиков по разным алгоритмам: General, Gauss, Cauchy, Asymmetric Cauchy и др. Если применить алгоритм General, то, как видно из рисунка 5, основной пик на кривой плавления МК можно программно разделить на 3 пика, площади и максимумы которых будут соответствовать определенным фракциям ТГ: 1-й пик в 6,4% от площади основного пика соответствует по итогам сравнения с данными ВЭЖХ [1,9] сумме ТГ(S, U, U); 2-й пик в 20,7% соответствует ТГ(S, U, S), а конкретно POP; и 3-й пик в 72,9% отвечает сумме таких ТГ как POS и SOS. Низкотемпературные неинтенсивные пики 1–3 на термограмме (рисунок 3) следует отнести к фракциям ТГ (U, U, U) и ТГ (S, U, U), в небольших количествах содержащихся в МК, а 5-й пик указывает на наличие SOA. Обращает на себя внимание совпадение последовательности удерживания пиков ТГ в условиях обращенно-фазовой ВЭЖХ (рисунок 2) и их тепловыми эффектами при плавлении в условиях ДСК. Именно такая симбатность позволяет интерпретировать термограммы.

Рассмотрим данные ДСК для глазури № 1 (рисунок 4). Пики 1–3 отвечают фракциям ТГ (U, U, U) и ТГ (S, U, U), а 5-й пик SSU или SSS с высоким значением SN (например, SOA). Основной пик 4 раздваивается, если его разбить

с помощью NETZSCH Peak Separation на три пика, они дадут отличные от данных для МК соотношения площадей и температуры максимумов (рисунок 6): 1-й пик – 8,8%, 2-й пик – 81,9%, 3-й – 9,3%. Эти данные соответствуют жировой композиции, содержащей в своей основе лауриновые заменители МК, где 1-й пик обусловлен наличием легкоплавких ТГ (S, S, U), 2-й пик отвечает сумме насыщенных ТГ(SSS) типа LLL, LLM и LMM (>80%), а 3-й пик лежит в области температур, характерных для ТГ типа POP, POS и SOS. Глазурь № 3 похожа по теплофизическим свойствам на глазурь № 1.

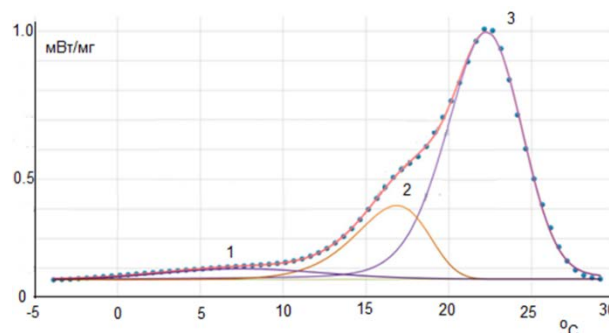


Рисунок 5. Фрагмент термограммы ДСК масла какао с программно-разделенным основным пиком
Figure 5. DSC thermogram fragment of cocoa butter with a software-divided main peak

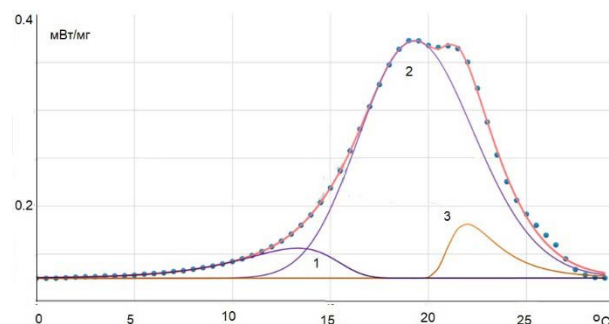


Рисунок 6. Фрагмент термограммы ДСК глазури № 1 с программно-разделенным основным пиком
Figure 6. Fragment of a DSC thermogram of glaze No. 1 with a software-divided main peak

А вот глазурь № 2 весьма отличается по профилю кривых плавления КМ и глазури с применением лауриновых заменителей. В состав образца глазури № 3, если судить по параметрам основного пика (рисунок 7) входят преимущественно тугоплавкие ТГ типа (S, S, U) и (S, S, S), так называемые улучшители какао-масла SOS-типа, в которых до 70% содержится SOS (2-й пик), 1-й пик площадью 25% – сумма POP и POS, 3-й пик (5%) – ТГ, имеющие такие же характеристики как SOA.

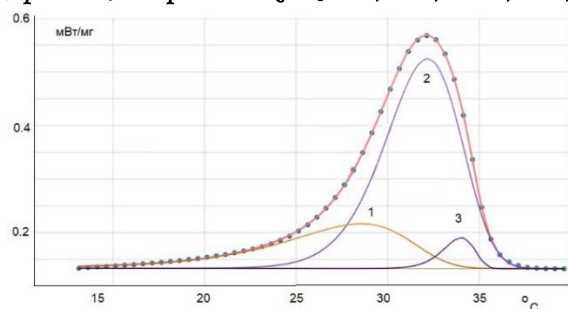


Рисунок 7. Фрагмент термограммы ДСК глазури № 2 с программно-разделенным основным пиком

Figure 7. Fragment of a DSC thermogram of glaze № 2 with a software-divided main peak

Заключение

Современные приборы для дифференциально-сканирующей калориметрии демонстрируют высокий потенциал в контроле качества

масла какао, шоколадной глазури и их теплофизических параметров. Применение метода ДСК позволяет надежно идентифицировать образцы масла какао и глазури по кривым плавления в диапазоне температур от -100 до +50 °С. Метод отличается простотой пробоподготовки, имеет хорошую воспроизводимость и может быть самостоятельным методом идентификации и контроля качества масложировой продукции.

Благодарности

Исследования проведены на оборудовании Центра коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» при финансовой поддержке гранта № МК-590.2020.8.

Литература

- 1 Lipp M., Anklam E. Review of cocoa butter and alternative fats for use in chocolate. Part B. Analytical approaches for identification and determination // Food Chemistry. 1998. V. 62. P. 99–108.
- 2 Верещагин А.Л., Резниченко И.Ю., Бычин Н.В. Термический анализ в исследовании качества шоколада и кондитерских изделий // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 2. С. 289–300. doi: 10.21603/2074-9414-2019-2-289-300
- 3 Минифай Б.У. Шоколад, конфеты, карамель и другие кондитерские изделия: пер. с англ. СПб.: Профессия, 2008. 816 с.
- 4 Ткешелашвили М.Е., Бобожинова Г.А., Кошелева Н.П., Магомедов Г.О. Разработка состава шоколадной массы, устойчивой к «поседению» // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 1. С. 209–214. doi: 10.20914/2310-1202-2017-1-209-214
- 5 Линовская Н.В., Мазукабзова Э.В., Н.Б. Кондратьев, Э.Н. Крылова. Изучение технологической адекватности сырьевых компонентов, используемых в производстве шоколадного полуфабриката // Вестник МГТУ. 2019. Т. 22. № 3. С. 404–412. doi: 10.21443/1560-9278-2019-22-3-404-412
- 6 Hartel R.W., von Elbe J.H., Hofberger R. Fats, Oils and Emulsifiers // Confectionery Science and Technology. 2018. P. 85–124. doi: 10.1007/978-3-319-61742-8_4
- 7 О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойство, применение. СПб.: Профессия. 2007. 752 с.
- 8 Jahurul M.H.A., Zaidul I.S.M., Norulaini N.A.N. et al. Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics // Journal of Food Engineering. 2013. V. 117. № 4. P. 467–476. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.09.024
- 9 Индина И.В., Туртыгин А.В., Дейнека В.И., Дейнека Л.А. Обращенно-фазовая ВЭЖХ в определении подлинности масла какао в составе шоколада // Сорбционные и хроматографические процессы. 2013. Т. 13. № 1. С. 23–31.
- 10 Рудаков О.Б., Саранов И., Полянский К.К. Дифференциально-сканирующая калориметрия в контроле качества масложировой продукции // Переработка молока. 2018. № 11. С. 46–48.
- 11 Рудаков О.Б., Саранов И.А., Полянский К.К. Контроль содержания пальмового масла в смесях с молочным жиром методом ДСК // Аналитика и контроль. 2019. Т. 23. № 1. С. 127–135. doi: 10.15826/analitika.2019.23.1.010
- 12 Van Wetten, I.A., Van Herwaarden A.W., Splinter R., Boerrigter-Eenling R. et al. Detection of sunflower oil in extra virgin olive oil by fast differential scanning calorimetry // Thermochimica Acta. 2015. V. 603. № SI. P. 237–243. doi: 10.1016/j.tca.2014.11.030
- 13 Chatziantoniou S.E., Triantafyllou D.J., Karayannakidis P.D., Diamantopoulos E. Traceability monitoring of Greek extra virgin olive oil by Differential Scanning Calorimetry // Thermochimica Acta. 2014. V. 576. P. 9–17. doi: 10.1016/j.tca.2013.11.014
- 14 Tan C.P., Cheman Y.B. Differential Scanning Calorimetric Analysis of Edible Oils: Comparison of and Chemical Composition Thermal Properties // JAOCS. 2000. V. 77. № 2. P. 143–155. doi: 10.1007/s11746-000-0024-6
- 15 Tomaszewska-Gras J. Rapid quantitative determination of butter adulteration with palm oil using the DSC technique // Food Control. 2016. V. 60. № 2. P. 629–635.
- 16 Afoakwa E.O. Chocolate science and technology. West Sussex: Wiley-Blackwell. 2010. 296 p. doi: 10.1002/9781444319880


References

- 1 Lipp M., Anklam E. Review of cocoa butter and alternative fats for use in chocolate. Part B. Analytical approaches for identification and determination. Food Chemistry. 1998. vol. 62. pp. 99–108.
- 2 Vereshchagin A.L., Reznichenko I.Yu., Bychin N.V. Thermal analysis in the study of the quality of chocolate and confectionery products. Technics and technology of food production. 2019. vol. 49. no. 2. pp. 289–300. doi: 10.21603/2074-9414-2019-2-289-300 (in Russian).
- 3 Minifay B.U. Chocolate, sweets, caramel and other confectionery. SPb, Professiya, 2008. 816 p. (in Russian).


- 4 Tkeshelashvili M.E., Bobozhonova G.A., Kosheleva N.P., Magomedov G.O. Development of the composition of chocolate mass, resistant to "graying". *Proceedings of VSUET*. 2017. vol. 79. no. 1. pp. 209–214. doi: 10.20914/2310-1202-2017-1-209-214 (in Russian).
- 5 Linovskaya N.V., Mazukabzova E.V., N.B. Kondratyev, E.N. Krylova. Study of the technological adequacy of raw materials used in the production of semi-finished chocolate. *Vestnik MGTU*. 2019. vol. 22. no. 3. pp. 404–412. doi: 10.21443/1560-9278-2019-22-3-404-412 (in Russian).
- 6 Hartel R.W., von Elbe J.H., Hofberger R. Fats, Oils and Emulsifiers. *Confectionery Science and Technology*. 2018. pp. 85–124. doi: 10.1007/978-3-319-61742-8_4
- 7 O'Brien R. Fats and oils. Production, composition and property, application. SPb, Professiya, 2007. 752 p. (in Russian).
- 8 Jahurul M.H.A., Zaidul I.S.M., Norulaini N.A.N. et al. Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics. *Journal of Food Engineering*. 2013. vol. 117. no. 4. pp. 467–476. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.09.024
- 9 Indina I.V., Turtygin A.V., Deineka V.I., Deineka L.A. Reverse-phase HPLC in determining the authenticity of cocoa butter in chocolate. *Sorption and chromatographic processes*. 2013. vol. 13. no. 1. pp. 23–31. (in Russian).
- 10 Rudakov O.B., Saranov I., Polyansky K.K. Differential scanning calorimetry in quality control of fat and oil products. *Processing of milk*. 2018. no. 11. pp. 46–48. (in Russian).
- 11 Rudakov O.B., Saranov I.A., Polyansky K.K. DSC control of palm oil content in mixtures with milk fat. *Analytics and Control*. 2019. vol. 23. no. 1. pp. 127–135. doi: 10.15826/analitika.2019.23.1.010 (in Russian).
- 12 Van Wetten, I.A., Van Herwaarden A.W., Splinter R., Boerrigter-Eenling R. et al. Detection of sunflower oil in extra virgin olive oil by fast differential scanning calorimetry. *Thermochimica Acta*. 2015. vol. 603. no. SI. pp. 237–243. doi: 10.1016/j.tca.2014.11.030
- 13 Chatziantoniou S.E., Triantafyllou D.J., Karayannakidis P.D., Diamantopoulos E. Traceability monitoring of Greek extra virgin olive oil by Differential Scanning Calorimetry. *Thermochimica Acta*. 2014. vol. 576. pp. 9–17. doi: 10.1016/j.tca.2013.11.014
- 14 Tan C.P., Cheman Y.B. Differential Scanning Calorimetric Analysis of Edible Oils: Comparison of and Chemical Composition Thermal Properties. *JAOCs*. 2000. vol. 77. no. 2. pp. 143–155. doi: 10.1007/s11746-000-0024-6
- 15 Tomaszewska-Gras J. Rapid quantitative determination of butter adulteration with palm oil using the DSC technique. *Food Control*. 2016. vol. 60. no. 2. pp. 629–635.
- 16 Afoakwa E.O. *Chocolate science and technology*. West Sussex: Wiley-Blackwell. 2010. 296 p. doi: 10.1002/978144431988

Сведения об авторах


Игорь А. Саранов к.т.н., старший преподаватель, кафедра информационной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mr.saranov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9510-5168>

Олег Б. Рудаков д.х.н., профессор, заведующий, кафедра химии и химической технологии материалов, Воронежский государственный технический университет, ул. 20 лет Октября, 84, Воронеж, 394006, Россия, robi57@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2527-2857>

Константин К. Полянский д.т.н., профессор, кафедра коммерции и товароведения, Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67а, г. Воронеж, 394030, Россия, kaf-kit@vfreu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8817-1466>

Вклад авторов

Игорь А. Саранов предложил методику проведения эксперимента и произвел термический анализ

Олег Б. Рудаков обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнил расчёты

Константин К. Полянский консультация в ходе исследования

Конфликт интересов


Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors


Igor A. Saranov Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, information security department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mr.saranov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9510-5168>

Oleg B. Rudakov Dr. Sci. (Chem.), professor, chemistry and chemical technology of materials department, Voronezh State Technical University, ul. 20-letiya Oktiabria, 84, Voronezh, 394006, Russia, robi57@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2527-2857>

Konstantin K. Polansky Dr. Sci. (Engin.), professor, commerce and commodity department, Russian Economic University named after G.V. Plekhanova, Karl Marx st., 67a Voronezh, 394030, Russia, kaf-kit@vfreu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8817-1466>

Contribution

Igor A. Saranov proposed an experimental technique and performed a thermal analysis

Oleg B. Rudakov review of literary sources on the studied problem, performed calculations

Konstantin K. Polansky consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 08/05/2020	После редакции 18/05/2020	Принята в печать 25/05/2020
Received 08/05/2020	Accepted in revised 18/05/2020	Accepted 25/05/2020