УДК 637.146.32; 664.346

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТАВА ЭМУЛЬСИОННЫХ ЖИРОВЫХ ПРОДУКТОВ

Л.Н. Буданина, А.Л. Верещагин*, Бычин Н.В.

Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

**e-mail: val@bti.secna.ru*

Дата поступления в редакцию: 28.09.2015
Дата принятия в печать: 20.01.2016

В связи с массовым применением пальмового масла для замены молочного жира возникла потребность в разработке экспресс-методов определения пальмового масла в молочных продуктах. В данной работе изучена возможность применения методов термического анализа для определения пальмового масла в эмульсионных масложировых продуктах. В качестве объекта исследования использованы образцы сметаны отечественного и импортного производства и образцы майонеза отечественного производства. Исследование состава эмульсионных масложировых продуктов проводилось методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), термогравиметрического анализа (ТГА) и дифференциально-термического анализа (ДТА). Методы термического анализа (ДСК, ТГА/ДТА) позволяют идентифицировать майонез на наличие пальмового масла. Метод ДСК позволяет качественно идентифицировать сметану на наличие жиров немолочного происхождения по температуре плавления в области 30–50 ºС. Методом ТГА можно определять массовую долю жира по массе остатка после испарения воды. На основании проведенных исследований было установлено, что из шести исследуемых образцов сметаны пять представляют собой сметанные продукты. Во всех исследованных образцах оливкового майонеза отсутствует оливковое масло, причем в майонезах «Махеевъ» и «Персона» в составе присутствует пальмовое масло, а в майонезах «Лиез» и «Слобода» – подсолнечное.

Сметана, майонез, пальмовый стеарин, пальмовый олеин, пальмовое масло, метод дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), термогравиметрический анализ (ТГА), дифференциально-термический анализ (ДТА)

Введение

С января по июль 2015 г. общий импорт сельхозпродукции и продовольствия упал в России на 38 % по отношению к тому же периоду прошлого года, при этом ввоз натуральных сыров снизился в девять раз, импорт сливочного масла упал более чем в шесть раз, а сухого молока – более чем в пять раз. Между тем ввоз пальмового масла за этот же период повысился более чем на 25 % [1]. Ранее при разработке молочно-растительных композиций исходили из необходимости создания продуктов сбалансированного состава повышенной биологической и пищевой ценности, которые были бы лишены недостатков молочного жира и приобрели достоинства растительных масел [2]. На современном этапе в РФ это намерение трансформировалось в массовое применение различных фракций пальмового масла в масложировой промышленности. При этом происходит снижение усвояемости жиров, поскольку молочный жир с температурой плавления 34 ºС чаще всего заменяют пальмовым маслом с температурой плавления 38,5 ºС или пальмовым стеарином с температурой плавления 46,7 ºС [3].

С точки зрения коллоидной химии сметана и майонез – это эмульсии первого рода «масло в воде», и можно ожидать у них сходные процессы при нагревании. В связи с изложенным выше возникла потребность в разработке экспресс-методов определения пальмового масла в молочной продукции. Одним из вариантов решения этой проблемы является использование методов термического анализа. Обычно методы термического анализа применяют для определения глицеридного состава либо в жирах, либо в эмульсиях типа «вода в масле» (сливочное масло), где преобладает жировая фаза. Данные о применении методов термического анализа к эмульсиям типа «масло в воде» (сметана, майонез) в литературе не описаны.

Целью данной работы является изучение возможности применения методов термического анализа для определения пальмового масла в эмульсионных масложировых продуктах – сметане и майонезе на примере образцов сметаны и майонеза, реализуемых на рынке Алтайского края.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования были следующие образцы сметаны и майонеза.

I. Образцы сметаны.

1. «Брест-Литовская» (ОАО «Савушкин продукт»), м.д.м.ж. 20 % (дата изготовления 06.02.2014), ТИ БУ 200030514.152-2008, цена 197,5 руб/кг.

2. «Президент» (ОАО «Ефремовский маслосыродельный комбинат»), м.д.м.ж. 30 % (дата изготовления 07.02.2014), ТУ 9222-355-00419785-04, цена 187,5 руб/кг.

3. «Президент» (ОАО «Ефремовский маслосыродельный комбинат»), м.д.м.ж. 15 % (дата изготовления 07.02.2014), ТУ 9222-355-00419785-04, цена 145,9 руб/кг.

4. «Савушкин» (ОАО «Савушкин продукт»), м.д.м.ж. 30 % (дата изготовления 16.02.2014 г.), ТУ BY 200030514.152-2008, цена 173 руб/кг.

5. «Деревенская» (АО «Valio», Финляндия), м.д.м.ж. 42 % (дата изготовления 30.01.2014), цена 224 руб/кг.

6. «Белый замок» (ООО «Холод»), м.д.м.ж. 20 % (дата изготовления 15.02.2014), цена 120 руб/кг.

II. Образцы майонеза.

1. «Махеевъ» оливковый (ГОСТ Р 53590-2009). (ЗАО «Эссен Продакшин АГ») м.д. жира 67 % (дата изготовления 07.02.2014), цена 110 руб/кг.

2. «Слобода» оливковый (ОАО «ЭФКО»), (ГОСТ Р 53590-2009), м.д. жира 67 % (дата изготовления 11.02.2014), цена 125 руб/кг.

3. «Лиез» оливковый (ООО «Персона») (ГОСТ Р 53590-2009), м.д. жира 50 % (дата изготовления 04.03.2014). цена 105 руб/кг.

4. «Персона» Провансаль оливковый (ООО «Персона») (ГОСТ Р 53590-2009), м.д. жира 50 % (дата изготовления 04.03.2014), цена 110 руб/кг.

5. Майонез приготовленный в лабораторных условиях, м.д. жира 67 % (состав: яичный желток, подсолнечное масло (ГОСТ 1129-2013), горчица (РСТ РСФСР 253-87), соль (ГОСТ Р 51574-2000), сахар-песок (ГОСТ 21-94), сок лимона).

Методы исследования

Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Исследование проводилось на дифференциальном сканирующем калориметре модели DSC-60 (Shimadzu, Япония) в диапазоне температур от –70 до +90 °С.

Нагревание образцов со скоростью 10 град/мин производилось в атмосфере азота с расходом газа 40 см^3/мин, масса навески составляла около 5 мг в открытой алюминиевой чашечке. Образцом сравнения использовали пустую алюминиевую чашечку. После окончания термообработки проводилось взвешивание образца для определения массы остатка.

Совместный термогравиметрический (ТГА) и дифференциально-термический (ДТА) анализы проводились на термоанализаторе TGA/DTA-60 (Shimadzu, Япония) в диапазоне температур от 20 до +500 °С в атмосфере азота. Нагревание образцов со скоростью 10 град/мин производилось в атмосфере азота с расходом газа 40 см^3/мин, масса навески составляла около 5 мг.

Результаты и их обсуждение

I. Дифференциальная сканирующая калориметрия образцов сметаны. Кривые ДСК образцов сметаны представлены на рис. 1.

Следует отметить, что кривые ДСК одинаковы для образцов «Брест-Литовск», «Президент» 30 % и «Президент» 15 %. Количественные характеристики кривых ДСК всех образцов сметаны представлены в табл. 1 и 2.

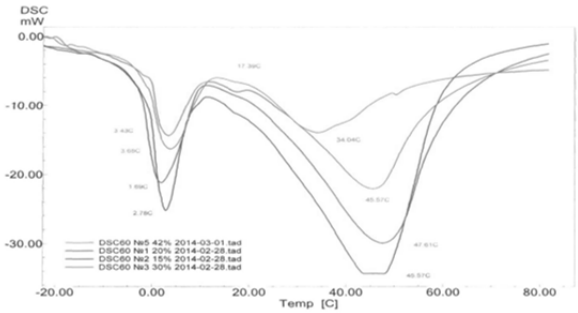


Рис. 1. Кривые ДСК образцов сметаны

Таблица 1

Параметры кривых ДСК первого эндоэффекта образцов сметаны

Образец	массовая доля жира, %	Параметры эндоэффекта		Справочные данные
		$T_{мах}$, ºС	ΔH, Дж/г	
«Президент»	15	2,9	-129,0	$T_{пл.}$ молока, -0,54 ºС [4]
«Брест-Литовская»	20	1,8	-140,5	
«Белый замок»		1,5	-58,9	$ΔH_{пл.}$ льда - 334 Дж/г [5]
«Президент»	30	3,7	-110,4	
«Савушкин»		3,1	-106,5	
«Деревенская»	42	3,3	-69,8	

Таблица 2

Параметры кривых ДСК второго эндоэффекта образцов сметаны

Образец	Массовая доля жира, %	Параметры эндоэффекта	
		$T_{мах}$, ºС	ΔH, Дж/г
«Президент»	15	47,7	-874,1
«Брест-Литовская»	20	47,6	-760,2
«Белый замок»		42,6	-562,4
«Президент»	30	45,6	-476,9
«Савушкин»		41,8	-459,9
«Деревенская»	42	34,2	-141,1

Зарегистрированный интенсивный эндоэффект в области 1,8–3,3 °С можно связать с плавлением водной дисперсионной среды. При этом можно предположить, что состав водной дисперсионной среды зависит от массовой доли жира в продукте, вследствие чего наблюдается разброс в значениях температуры плавления. Причем отсутствует корреляция между температурой плавления и массовой долей жира. Среднее значение температуры плавления 3 °С. Что же касается теплоты плавления, то

значения для образцов «Белый замок» и «Деревенская» значительно ниже, чем у остальных образцов и отсутствует линейная зависимость теплоты плавления с массовой долей жира. Можно предположить, что это может быть связано с составом исходного сырья и особенностями технологического процесса. Следует отметить также, что вследствие гидрофобного характера глобул масложировой эмульсии испарение воды завершается при температуре ниже ее температуры кипения при атмосферном давлении.

Сопоставление полученных данных с аналогичными данными, полученными методом ДСК при скорости нагрева 10 град/мин, по плавлению для безводного молочного жира, пальмовых стеарина и олеина и испарения воды, представленных в табл. 3, дает основание высказать следующие предположения.

Таблица 3

Параметры процесса плавления возможных компонентов различных образцов сметаны

Наименование продукта	$T_{пл.}$, ºС	$Q_{пл.}$, Дж/г
Безводный молочный жир	34 [6] 27-37 [7]	-72,8 [6]
Пальмовый олеин	37,7 [8]	-65,4 [9]
Пальмовый стеарин	46,7 [3] 53,7 [8]	-128,4 [3] -85 [8]
Вода	100 ($T_{исп.}$)	-2256 ($Q_{исп.}$)

Температура максимума второго эндоэффекта для сметаны «Деревенская» близка к температуре плавления молочного жира, а у других образцов сметаны – ближе к температуре плавления пальмового стеарина. Это можно объяснить различием в массовой доле растительного жира. Теплота испарения данных образцов пропорциональна массовой доле водной дисперсионной среды. Таким образом, второй эндоэффект связан с плавлением дисперсной жировой фазы и испарением водной дисперсионной среды.

После проведения опытов методом ДСК путем взвешивания была определена масса остатка после нагревания образцов сметаны до 100 °С. Полученные результаты представлены на рис. 2.

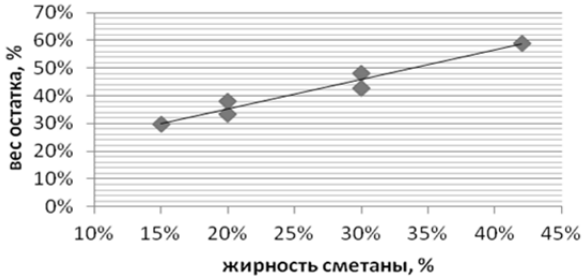
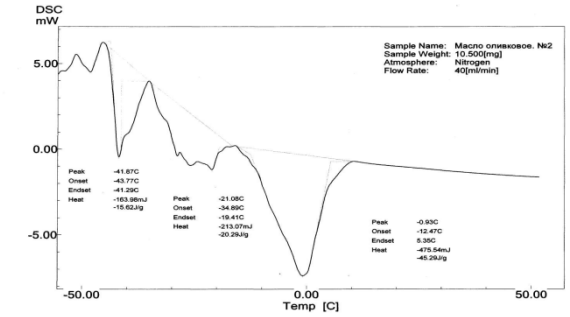


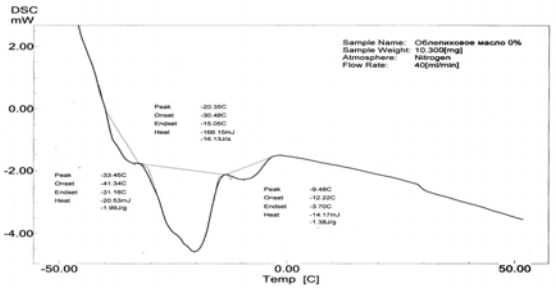
Рис. 2. Зависимость массы сухого остатка от жирности сметаны при нагревании образцов до 100 °С

Из представленных данных следует, что в процессе нагревания образцов сметаны до 100 ºС происходит испарение воды дисперсионной среды.

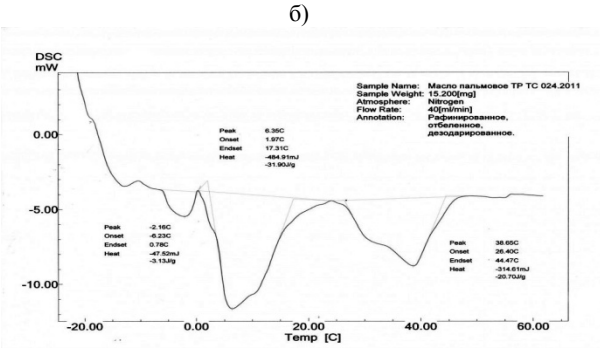
II. Дифференциальная сканирующая калориметрия образцов ряда растительных масел. Исследуемые образцы майонеза по названию должны содержать оливковое масло и могут быть фальсифицированы добавлением более дешевых подсолнечного или пальмового масел. Для идентификации подлинности образцов майонеза методом ДСК были сопоставлены кривые ДСК майонеза с кривыми ДСК оливкового масла, подсолнечного масла и пальмового масла. Кривые ДСК оливкового, подсолнечного и пальмового масел представлены на рис. 3. Параметры кривых ДСК образцов растительных масел представлены в табл. 4.



а)



б)



в)

Рис. 3. Кривые ДСК: а) оливкового, б) дезодорированного подсолнечного, в) пальмового масел

Таблица 4

Параметры кривых ДСК образцов растительных масел

Образец/ эндоэффект	Температура максимума эндоэффекта, ºС	Энтальпия эндоэффекта, Дж/г
Оливковое масло		
I эндоэффект	-41,9	-15,6
II эндоэффект	-21,1	-20,3
III эндоэффект	-0,9	-45,3

Окончание табл. 4

Образец/ эндоэффект	Температура максимума эндоэффекта, ºС	Энтальпия эндоэффекта, Дж/г
Дезодорированное подсолнечное масло		
I эндоэффект	-33,5	-2,0
II эндоэффект	-20,4	-16,1
III эндоэффект	-9,5	-1,4
Пальмовое масло		
I эндоэффект	-2,2	-3,1
II эндоэффект	6,4	-31,9
III эндоэффект	38,7	-20,7

III. Дифференциальная сканирующая калориметрия образцов майонеза. Сравнение кривых ДСК майонеза представлено на рис. 4.

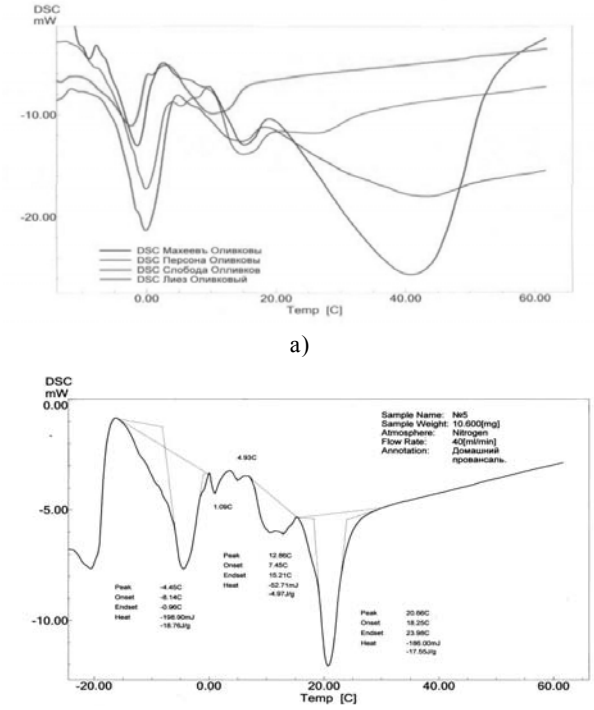


Рис. 4. Кривые ДСК образцов оливкового майонеза, полученного: а) по ГОСТ Р 53590-2009; б) в лабораторных условиях

Параметры кривых ДСК образцов майонеза с различной массовой долей жира представлены в табл. 5.

Из представленных данных следует, что кривые образцов майонеза «Слобода» и «Лиез», «Махеевъ» и «Персона» совпадают. Причем кривые ДСК образцов «Махеевъ» и «Персона» характеризуются интенсивным эндоэффектом с максимумом в области 40 ˚С, что дает основание предположить наличие пальмового масла в их составе. При сравнении кривых ДСК оливкового масла, подсолнечного масла и майонеза не обнаружено присутствие оливкового масла ни у одного из образцов. В случае майонезов «Лиез» и «Слобода» наблюдается такая суперпозиция, которая дает основание предположить наличие подсолнечного масла в этих образцах.

Сравнение кривых ДТА/ТГА для образцов «Махеевъ» и «Слобода» представлено на рис. 5.

Таблица 5

Параметры кривых ДСК образцов оливкового майонеза

Образец	Массовая доля жира, %	Температура максимума эндоэффекта, ˚С	Энтальпия эндоэффекта, Дж/г
«Махеевъ»	50		
I эндоэффект		-1,5	-24,6
II эндоэффект		15,2	-11,7
III эндоэффект		40,8	-231,4
«Персона»			
I эндоэффект		-0,1	-46,8
II эндоэффект		14,7	-8,3
III эндоэффект		43,4	-65,5
Среднее значение		*-0,8±0,7(I)* *15,0±0,2(II)* *42,1±1,3(III)*	*-35,7±11,1(I)* *-10,0±1,7(II)* *-148,5±83,0(III)*
«Слобода»	67		
I эндоэффект		-2,5	-17,8
II эндоэффект		10,3	-21,4
III эндоэффект		-	-
«Лиез»			
I эндоэффект		0,1	-28,3
II эндоэффект		14,9	-15,2
III эндоэффект		-	-
Среднее значение		*-1,2±1,3(I)* *12,6±2,3(II)* *-(III)*	*-23,1±5,2(I)* *-18,3±3,1(II)* *-(III)*
Контроль	67	-4,5(I) 12,9(II) 20,7(III)	-18,8(I) -5,0(II) -17,6(III)

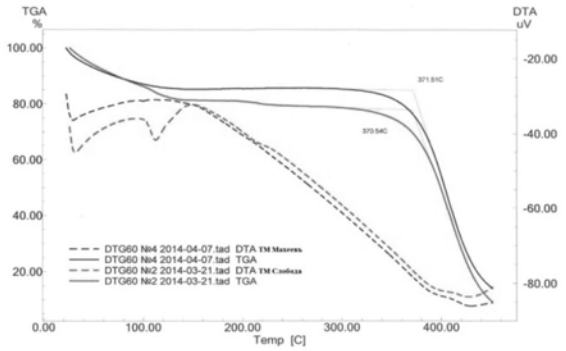


Рис. 5. Кривые ДТА/ТГА образцов оливкового майонеза «Махеевъ» и «Слобода»

Таблица 6

Параметры кривых ДТА/ТГА образцов оливкового майонеза «Махеевъ» и «Слобода»

Образец	«Махеевъ» м.д.ж. 50%	«Слобода» м.д.ж. 67%
Параметры кривых ДТА		
Температура плавления, ˚С	38,1	31,6
Энтальпия плавления, Дж/г	-789,8	-152,8
Температура максимума испарения, ˚С	390,9	427,1
Энтальпия испарения, Дж/г	-2040,0	-839,0
Параметры кривых ТГА		
Потеря массы в диапазоне 20–200 ˚С, %	20,2	30
Потеря массы в диапазоне 200–500 ˚С, %	79,8	70

Кривые ДТА/ТГА образцов оливкового майонеза «Махеевъ» и «Слобода» значительно отличаются друг от друга. Количественное сопоставление параметров кривых ДТА/ТГА оливкового майонеза представлено в табл. 6.

При анализе данных ТГА можно отметить следующее. Во-первых, образцы различаются по массовой доле воды (20,2 и 30 %) для образцов оливкового майонеза «Махеевъ» и «Слобода» соответственно с м.д.ж. 50 и 67 %, хотя можно было ожидать обратного порядка. Во-вторых, энтальпия плавления и испарения образца «Махеевъ» превосходит аналогичные показатели образца «Слобода» в 5,17 и 2,43 раза соответственно, что может указывать на различную химическую природу образцов. На основании этих данных можно предположить, что в образце майонеза «Махеевъ» за счет изменения состава была разрушена его эмульсионная природа и по его термическим свойствам он больше напоминает однородную среду, лишенную межфазных границ.

Выводы

Таким образом, на основании проведенных исследований можно прийти к следующим выводам.

1. Методы термического анализа (ДСК, ТГА/ДТА) позволяют идентифицировать эмульсионные жировые продукты на наличие *в них* пальмового масла.

2. Метод ДСК позволяет идентифицировать образцы сметаны на наличие жиров немолочного происхождения по температуре плавления в области 30–50 ºС.

Список литературы

1. Сергеев, М.Н., Неделя в экономике. Пальмовое импортозамещение [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.ng.ru/week/2015-09-20/8_economics.html

2. Терещук, Л.В. Молочно-жировые композиции: аспекты конструирования и использования / Л.В. Терещук, М.С. Уманский; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2006. – 209 с.

3. Bangun P. Nusantoro Physicochemical properties of palm stearin and palm mid fraction obtained by dry fractionation AGRITECH – 2009. V. 29. №3. P.154-158.

4. Тепел, А. Химия и физика молока. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – С. 513.

5. Физические величины: справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – С. 293.

6. Ali M.A.R., Dimick P.S., Thermal analysis of palm mid-fraction, cocoa butter and milk fat blends by differential scanning calorimetry, J. Am. Oil Chem. Soc. 71 (1994) 299–302.

7. ГОСТ Р 52971-2008. Масло топленое и жир молочный. Технические условия. – Введ. 2010-01-01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 19 с.

8. Liquid fraction and dropping point of palm oils [Электронный ресурс] / URL http://cn.mt.com/dam/mt_ext files/Editorial/Generic/2/dsc_liquid_fraction_0x00024947000254740006 6dc0 files/ liquid fraction_palmoil.pdf (дата обращения 15.09.2015).

9. Zaliha, O. Crystallization properties of palm oil by dry fractionation / O. Zaliha, C.L. Chong, C.S. Cheow, A.R. Norizzah, M.J. Kellens // Food Chemistry.2004. 86, P. 245–250.

APPLICATION OF THERMAL ANALYSIS METHODS FOR THE COMPOSITION IDENTIFICATION OF EMULSIFIED FAT PRODUCTS

L. N. Budanina, A. L. Vereshchagin*, N. V. Bychin

Biysk Technological Institute (branch),
Altai State Technical University named after I.I. Polzunova,
27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia

**e-mail: val@bti.secna.ru*

Received: 28.09.2015
Accepted: 20.01.2016

There is a need to develop methods for rapid determination of palm oil in dairy products because of the mass application of palm oil to replace milk fat. The possibility of applying thermal analysis methods to identify palm oil in emulsified fat products has been investigated in the given paper. The samples of sour cream of domestic and foreign production and the samples of mayonnaise of domestic production were used as the object of study. The study of composition of emulsified fat products was conducted using the methods of differential scanning calorimetry (DSC), thermogravimetric analysis (TGA) and differential thermal analysis (DTA). Thermal analysis methods (DSC, TGA/DTA) enable to identify the availability of palm oil in mayonnaise. DSC method enables to identify the presence of fats of non-dairy origin according to the melting temperature in the range of 30–50 deg. C in sour cream. TGA method can determine the mass fraction of fat by the residue weight after the water evaporation. The research conducted shows that five out of six investigated samples of sour cream are sour cream products. All test samples of olive mayonnaise do not have olive oil, and mayonnaise “Maheev” and “Persona” contain palm oil in their composition, and “Lies” and “Sloboda” mayonnaise contain sunflower oil.

Sour cream, mayonnaise, palm oil, the method of differential scanning calorimetry (DSC), thermogravimetrical analysis (TGA), differential thermal analysis (DTA)

References

1. Sergeev M.N. *Nedelya v ekonomike. Pal'movoe importozameshchenie* [Week in economy. Import substitution of palm oil]. Available at: http://www.ng.ru/week/2015-09-20/8_economics.html. (accessed 15.09.2015).

2. Tereshchuk L.V., Umanskiy M.S. *Molochno-zhirovye kompozitsii: aspekty konstruirovaniya i ispol'zovaniya* [Milk-fat composition: aspects of the design and use]. Kemerovo, KemIFST Publ., 2006. 209 p.

3. Bangun P. Nusantoro Physicochemical properties of palm stearin and palm mid fraction obtained by dry fractionation. *AGRITECH,* 2009, vol. 29, no. 3, pp. 154–158.

4. Tepel A. *Khimiya i fizika moloka* [Chemistry and physics of milk]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1979. 513 p.

5. *Fizicheskie velichiny: Spravochnik* [Physical quantities. Handbook.]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1991. 293 p.

6. Ali M.A.R., Dimick P.S. Thermal analysis of palm mid-fraction, cocoa butter and milk fat blends by differential scanning calorimetry. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1994, no. 71, pp. 299–302.

7. *GOST R 52971-2008. Maslo toplenoe i zhir molochnyy. Tekhnicheskie usloviya* [State Standard R 52971-2008. Melted butter and milk fat. Specifications]. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 19 p.

8. *Liquid fraction and dropping point of palm oils*. Available at: http://cn.mt.com/dam/mt_ext files/Editorial/Generic/2/dsc_liquid_fraction_0x0002494700025474000 66dc0 files/ liquid fraction_palmoil.pdf (accessed 15.09.2015).

9. Zaliha O., Chong C.L., Cheow C.S., Norizzah A.R., Kellens M.J. Crystallization properties of palm oil by dry fractionation. *Food Chemistry*, 2004, no. 86, pp. 245–250.

Дополнительная информация / Additional Information

Буданина, Л.Н. Применение методов термического анализа для идентификации состава эмульсионных жировых продуктов / Л.Н. Буданина, А.Л. Верещагин, Н.В. Бычин // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 40. – № 1. – С. 103–108.

Budanina L.N., Vereshchagin A.L., Bychin N.V. Application of thermal analysis methods for the composition identification of emulsified fat products. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2016, vol. 40, no. 1, pp. 103–108 (In Russ.).

Буданина Лариса Николаевна
аспирант кафедры общей химии и экспертизы товаров, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (3852) 43-53-18

Верещагин Александр Леонидович
д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии и экспертизы товаров, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (3852) 43-53-18, e-mail: val@bti.secna.ru

Бычин Николай Валерьевич
ведущий инженер кафедры общей химии и экспертизы товаров, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (3852) 43-53-18

Larisa N. Budanina
Postgraduate Student of the Department of General Chemistry and Examination of Goods, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (3852) 43-53-18

Alexander L. Vereshchagin
Dr.Sci.(Chem.), Professor, Head of the Department of General Chemistry and Examination of Goods, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (3852) 43-53-18, e-mail: val@bti.secna.ru

Nikolay V. Bychin
Leading Engineer of the Department of General Chemistry and Examination of Goods, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunova, 27, Trophimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (3852) 43-53-18