

Исследование процессов плавления и кристаллизации жировых компонентов пралиновых масс

Игорь А. Саранов	¹	mr.saranov@mail.ru
Игорь А. Кузнецов	¹	kuza7771995@gmail.com
Ирина В. Кузнецова	¹	kuznetsovaiv@mail.ru
Газибег О. Магомедов	¹	mmg@inbox.ru

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

Реферат. Исследованы процессы плавления и кристаллизации лауринового жира КС-35 и кокосового масла методом дифференциально-сканирующей калориметрии. Найдены диапазоны плавления и кристаллизации, а также тепловые эффекты этих процессов. Процесс кристаллизации кокосового масла происходит в интервале температур 13,1–17 °С, при этом выделяется тепла 118,3 Дж/г. Процесс кристаллизации лауринового жира КС-35 происходит в интервале температур 20,4–25,9 °С, при этом выделяется тепла 152,7 Дж/г. Лауриновый жир плавится в интервале 28,7–33,9 °С, в процессе данной эндотермической реакции поглощается 147,4 Дж/г. Температурный интервал и тепловой эффект плавления кокосового масла ниже (18,3–26,4 °С; 95,5 Дж/г). Снижение температур плавления и кристаллизации кокосового масла по сравнению с жиром лауриновым доказывает, что в состав кокосового масла входят большее число ненасыщенных кислот, кристаллизация и плавление которых происходит при более низкой температуре, чем насыщенных. В работе обоснована возможность использования данных ДСК для определения оптимальных параметров формования и резания пралиновых масс при производстве конфет типа пралине. Формование необходимо осуществлять после выдержки пралиновой массы в интервале температур 20 – 26 °С, при этом большая часть триглицеридов лауринового жира имеет твердое состояние, что позволяет отформованному пралиновому жгуту держать форму и не растекаться после выхода из матрицы. Резать пралиновые жгуты на конфеты целесообразно при температуре 13–16 °С, так как в данном диапазоне большая часть триглицеридов и кокосового масла имеет твердое состояние, что позволяет не сминать жгут и конфеты во время резки.

Ключевые слова: дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК), плавление, кристаллизация, кокосовое масло, лауриновый жир

Investigation of melting and crystallization processes of fat components of praline masses

Igor A. Saranov	¹	mr.saranov@mail.ru
Igor A. Kuznetsov	¹	kuza7771995@gmail.com
Irina V. Kuznetsova	¹	kuznetsovaiv@mail.ru
Gazibeg O. Magomedov	¹	mmg@inbox.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The processes of melting and crystallization of lauric fat KS-35 and coconut oil by the method of differential scanning calorimetry were studied. The process of crystallization of coconut oil takes place in the temperature range 13.1–15.9 °C, while heat is released 118.3 J/g. The process of crystallization of lauric fat KS-35 occurs in the temperature range 20.4–25.9 °C, with a heat release of 152.7 J / g. Lauric fat melts in the range of 28.7–33.9 °C, 147.4 J/g is absorbed during this endothermic reaction. Temperature interval, the heat effect of melting coconut oil is lower (18.3–26.4 °C, 95.5 J / g). Reduction of melting and crystallization temperatures of coconut oil in comparison with lauric fat proves that the composition of coconut oil includes a greater number of unsaturated acids, the crystallization and melting of which occurs at a lower temperature than saturated ones. In the paper, the possibility is of using DSC data for determining optimal parameters for forming and cutting praline masses in the production of praline candies. Forming should be done after holding the praline mass in the temperature range 20–26 °C, with most of the triglycerides of lauric fat having a solid state, which allows the molded praline tow to keep its shape and not spread after exiting the matrix. It is advisable to cut praline tows on candies at a temperature of 13 – 16 °C, since in this range most of the triglycerides and coconut oil have a solid state, which makes it possible not to crush the tourniquet and sweets during cutting.

Keywords: differential scanning calorimetric analysis (DSC), melting, crystallization, coconut oil, lauric fat

Введение

Конфеты пралине и типа пралине изготавливают из ореховой массы, состоящей из смеси тонкоизмельчённых орехов, сахарной пудры и твёрдого жира [1]. Они обладают высокой пищевой ценностью и калорийностью, а по химическому составу и некоторым физико-химическим свойствам имеют некоторое сходство с шоколадом. Содержание в них жира около 30%, 50–60% углеводов, а также значительное

Для цитирования

Саранов И.А., Кузнецов И.А., Кузнецова И.В., Магомедов Г.О. Исследование процессов плавления и кристаллизации жировых компонентов пралиновых масс // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 323–327. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-323-327

количество растительных белков, при этом содержание влаги не превышает 4%. Высококачественные виды пралиновых конфет изготавливают из сладкого миндаля и какао-масла. Обычные виды конфет вырабатывают из ядер кешью и кокосового масла или заменителей какао-масла. Для производства массовых видов пралиновых конфет (неглазированных батончиков) используют в основном ядра фундука или арахиса и кондитерский жир.

For citation

Saranov I.A., Kuznetsov I.A., Kuznetsova I.V., Magomedov G.O. Investigation of melting and crystallization processes of fat components of praline masses. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 323–327. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-323-327

По способу производства, технологическим процессам и возможности использовать аналогичное оборудование производство пралиновых конфет имеет много общего с производством шоколада. Наряду с этим производство пралиновых конфет имеет существенные особенности технологических параметров и режимов работы оборудования, обусловленных сложным взаимодействием жиров, входящих в состав тёртых ореховых масс, и твердых жиров, предусмотренных рецептурой. Эти жиры являются основными структурообразователями полуфабрикатов и изделий. От температуры плавления и застывания жиров, условий их кристаллизации зависят структурно-механические свойства конфетных масс при вымешивании, формовании и транспортировании, они определяют режимы и продолжительность охлаждения отформованных заготовок, допустимые нагрузки при транспортировании и завёртке изделий, условия и сроки хранения готовой продукции.

В зависимости от применяемого твёрдого жира конфетная масса пралине в температурном интервале от 21 до 33 °С имеет пластичную тестообразную консистенцию, обладающую формоудерживающей способностью. Поэтому пралиновые массы обычно формируют методом выпрессовывания конфетных жгутов с последующей их поперечной резкой [1].

В настоящее время при производстве кондитерских изделий дорогостоящее сырьё какао-масло заменяется на жиры – альтернативы какао-масла. Авторы [2] предлагают вводить в пралиновые массы твердый лауриновый жир КС-35, а также использовать жидкое кокосовое масло. Введение в массу пралине отечественного лауринового жира КС-35 взамен дорогостоящего какао-масла позволяет снизить себестоимость изделий. В своем составе твердый кондитерский жир КС-35 содержит насыщенную лауриновую кислоту (46–54%), а также ряд других ненасыщенных и насыщенных кислот. В составе жидкого кокосового масла содержится также лауриновая кислота (более 50%) и только ненасыщенные кислоты [3]. Комбинируя соотношения твердых и жидких жиров, можно получить массы с требуемыми свойствами: вязкостью, температурами плавления и застывания.

Методы термического анализа широко используются для идентификации, определения температур плавления и кристаллизации жировых компонентов. В работе [4] методами термического анализа проводили идентификацию состава эмульсионных жировых продуктов.

В работе [5] для определения температур плавления и кристаллизации жиров описан метод дифференциально-сканирующей калориметрии

(ДСК). Общим для всех жиров является то, что плавятся и кристаллизуются они в определенном интервале температур. Авторы [6,7] это объясняют тем, что жир состоит из разнокислотных триглицеридов, каждый из которых имеет свою температуру плавления и застывания. Кроме того, из-за наличия кристаллических модификаций триглицеридов температуры их плавления и застывания не совпадают. Температура застывания несколько ниже, чем температура плавления, т. к. триглицериды в зависимости от температурных условий и внешнего давления кристаллизуются в виде одной полиморфной формы, а при нагревании переходят в другую, более высокоплавкую.

Авторы [8] использовали мультивариантный статистический анализ для расчета результатов ДСК. В работе [3] методом ДСК определили температуры плавления и кристаллизации 17 образцов пищевого масла. Образцы масла, состоящие из насыщенных кислот (твердые жиры), обнаружили профили кристаллизации и плавления в областях с более высокой температурой, чем образцы растительных масел, состоящие из ненасыщенных кислот. При плавлении кокосового масла обнаружено три пика (-2,64; +12,42; 22,45 °С) и два пика кристаллизации (-0,7; -7,86 °С), соответствующие плавлению и кристаллизации различных фаз.

В работе [9] по данным термического анализа была разработана методика расчета лауриновых и пальмитиновых жировых смесей для получения желаемых функциональных свойств. При охлаждении лауринового жира обнаружено три пика кристаллизации различных фракций в пределах от -40 до 25°С.

В данном исследовании для определения температур плавления и кристаллизации кокосового масла и лауринового жира КС-35, используемых для создания пралиновых масс, применили метод дифференциально-сканирующей калориметрии.

Материалы и методы

Исследования проводили методом ДСК на установке синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter в алюминиевых тиглях, в среде газообразного гелия класса 5,0 (расход активного газа 50 мл/мин, расход защитного газа 20 мл/мин), печь медная.

Методика исследования процессов плавления жировых фракций методом ДСК состояла в следующем:

— алюминиевый тигель с образцом жира помещался на сенсор установки, где фиксировалась его масса;

— рубашка камеры медной печи охлаждалась жидким азотом для того, чтобы температура в камере печи и на сенсоре опустилась ниже предполагаемой температуры кристаллизации жира на 20–30 градусов;

— затем камеру печи нагревали со скоростью близкой к 5 °С/мин, при этом фиксировали значения разности тепловых потоков тигля с образцом и эталонного тигля.

Исследование процессов кристаллизации жировых фракций методом ДСК проводились по следующей методике:

— алюминиевый тигель с образцом жира, помещался на сенсор установки, где фиксировалась его масса;

— камера медной печи нагревалась до температуры на 20–25 градусов выше предполагаемой температуры кристаллизации, чтобы полностью расплавить образец;

— затем рубашку камеры печи охлаждали жидким азотом с определённым расходом, таким образом, чтобы скорость охлаждения была близкой к 5°С/мин.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим процесс плавления кокосового масла и жира лауринового КС-35 (рисунок 1, 2).

При нагревании образцов жира появляется жидкая фаза. Этот процесс соответствует эндотермическому эффекту, который отражается на кривой ДСК (рисунок 1,2, кривые 2). Эндотермический эффект характеризуется температурами начала процесса плавления, пиком (максимальной скорости плавления), окончанием, и суммарным тепловым эффектом, представленными в таблице. Кривые скорости изменения теплового потока (dДСК) позволяют точно определить начало и окончание тепловых эффектов.

Кокосовое масло начинает плавиться при более низкой температуре (24,2 °С), чем лауриновый жир (34,2 °С); при этом теплоты поглощается меньше (95,5 Дж/г), чем при плавлении жира (147,4 Дж/г).

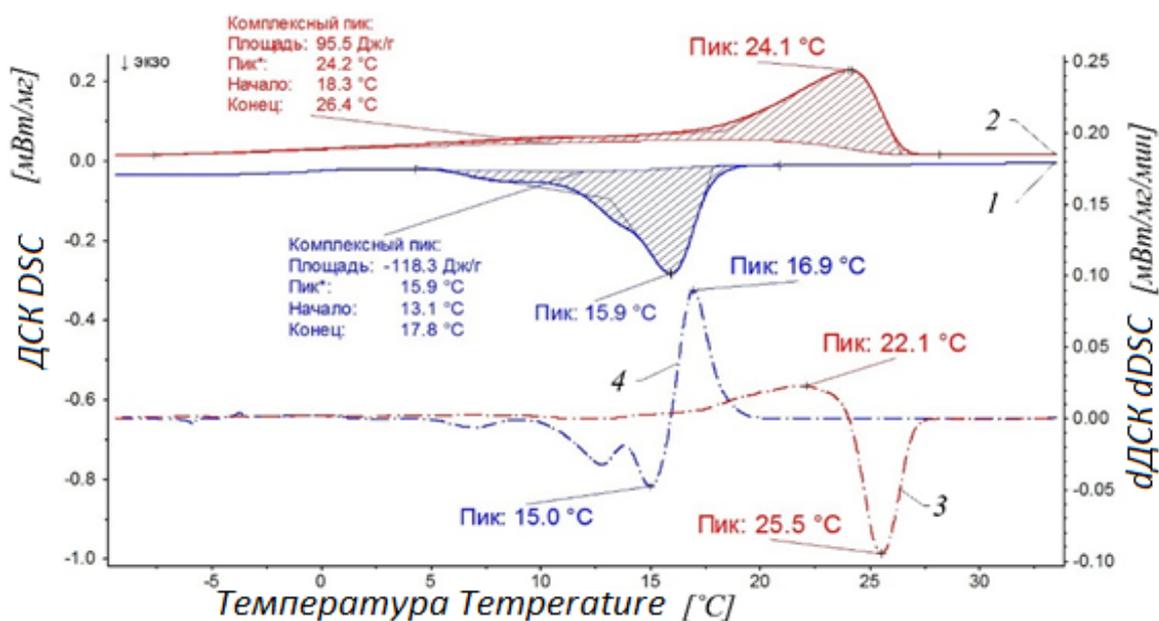


Рисунок 1. Термограмма кокосового масла: I – процесс кристаллизации; кривые 1-ДСК, 4 – dДСК; II – процесс плавления; кривые 2 – ДСК, 3 – dДСК

Figure 1. Thermogram of coconut oil: I – crystallization process; curves 1-DSC, 4 – dDSC; II – melting process; curves 2 – DSC, 3 – dDSC

При охлаждении расплавленных жиров в них происходит зарождение и рост кристаллов. Этот процесс сопровождается экзотермическим эффектом, который отражается на кривой ДСК (рисунок 1, 2, кривые 1). Экзотермический эффект характеризуется температурами начала, пиком (максимальной скорости кристаллизации), окончанием и суммарным тепловым эффектом, представленными в таблице. Кристаллизация кокосового масла происходит при более низкой температуре (температура комплексного

пика 15,9 °С), чем жира (23,4 °С); тепла при этом выделяется меньше (118,3 Дж/г), чем при кристаллизации жира (152,7 Дж/г). Это результат совпадает с выводами работы [9]; в состав кокосового масла входят ненасыщенные кислоты, кристаллизация которых происходит при более низкой температуре, чем у насыщенных. Процессы кристаллизации твёрдых и жидких жиров (какао масло, кондитерский жир, жиры-заменители) приводят к упрочнению структуры в рапиновых массах [1, 10].

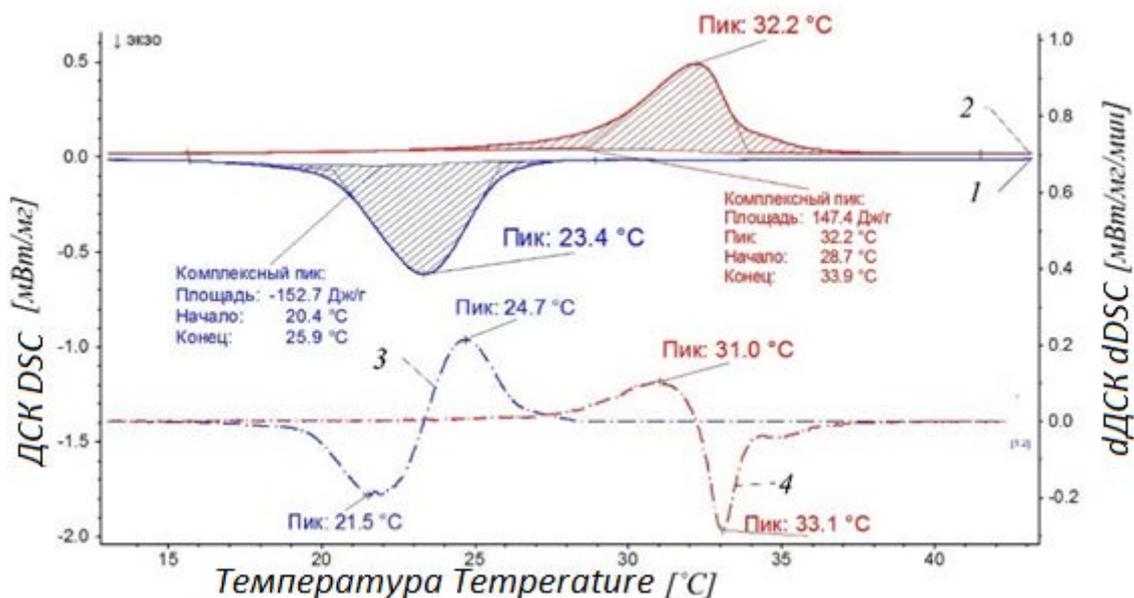


Рисунок 2. Термограмма жира лауринового КС-35: I – процесс кристаллизации; кривые 1-ДСК, 3 – dДСК; II – процесс плавления; кривые 2 – ДСК, 4 – dДСК

Figure 2. The thermogram of lauric fat KS-35: I – crystallization process; curves 1-DSC, 3-dDSC; II – melting process; curves 2-DSC, 4-dDSC

Таблица 1.

Фазовые превращения жиров

Table 1.

Phase transformations of fats

Образец Sample	Плавление (эндотермический эффект) Комплексный пик Melting (endothermic effect) Complex peak				Кристаллизация (экзотермический эффект) Комплексный пик Crystallization (exothermic effect) Complex peak			
	Начало Onset	Пик Peak	Окончание End	Тепловой эффект Thermal effect	Начало Onset	Пик Peak	Окончание End	Тепловой эффект Thermal effect
	°C	°C	°C	Дж/г	°C	°C	°C	Дж/г
Кокосовое масло Coconut oil	18,3	24,2	26,4	95,5	13,1	15,9	17	-118,3
Жир лауриновый КС-35 Lauric fat KS-35	28,7	32,2	33,9	147,4	20,4	23,4	25,9	-152,7

При одновременном введении лауринового жира и кокосового масла в конфетные массы необходимо принять во внимание, что в пределах 13,1–33,9 °С в смеси масел происходят процессы кристаллизации и плавления. Выявленные зависимости следует учитывать при формовании и резании пралиновых масс. Формование пралиновой массы следует осуществлять после того как в пралиновой массе образовалась структура, основанная только на кристаллизации жира лауринового при $t = 20\text{--}26^\circ\text{C}$, а резку жгутов пралиновой массы – после кристаллизации кокосового масла при понижении температуры до 13–16 °С.

Заключение

Кристаллизация и плавление кокосового масла происходит при более низкой температуре, чем лауринового жира. Для определения оптимальных температур в технологии формования и нарезки пралиновых масс при совместном введении лауринового жира и кокосового масла в конфетные массы необходимо учитывать, что в пределах 13,1–33,9 °С в смеси масел происходят процессы кристаллизации и плавления.

Благодарности

Исследования проведены на приборе синхронного термического анализа модели STA 449 F3 Jupiter в лаборатории центра коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов» ФГБОУ ВО «Воронежского государственного университета инженерных технологий» в рамках гос. задания 10.8678.2017/7.8

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Магомедов М.Г. Технология получения полуфабрикатов из сахарной свеклы и кондитерских изделий на их основе // Воронеж. ВГУИТ. 2015.143 с.
- 2 Патент РФ № 2630500. Масса пралине / Магомедов Г.О., Саранов И.А., Кочетов В.К. и др. Оpubл. 11.09.2017.
- 3 Tan C.P., Che Man Y.B. Differential Scanning Calorimetric Analysis of Edible Oils: Comparison of Thermal Properties and Chemical Composition // Journal of the American Oil Chemists' Society. 2000. V. 77. № 2. P. 143–155.
- 4 Буданина Л.Н., Верещагин А.Л., Бычин Н.В. Применение методов термического анализа для идентификации состава эмульсионных жировых продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 40. № 1. С. 103–108.
- 5 Chiavaro E. et al. Differential Scanning Calorimetry: Applications in Fat and Oil Technology // Taylor & Francis Group, LLC. 2015. 301 p.
- 6 Akta N., Kaya M. Detection of beef body fat and margarine in butter fat by differential scanning calorimetry // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2001. V. 66. № 3. P. 795–801.
- 7 Кузнецова Л.Н., Папченко В.Ю., Петик П.Ф., Демидов И.Н. Исследование пальмового масла методом ДСК // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2014. № 46 (2). С. 204–207.
- 8 Dahimi O., Rahim A.A., Abdulkarim S.M., Hassan M.S., et al. Multivariate statistical analysis treatment of DSC thermal properties for animal fat adulteration // Food chemistry. 2014. V. 158. P. 132–138.
- 9 Nusantoro B.P., Yanty N.A.M., Van de Wallea D., Hidayat C. et al. Calculation procedure for formulating lauric and palmitic fat blends based on the grouping of triacylglycerol melting points // Grasas y Aceites. 2017. № 68 (4). P. 1–12.
- 10 Магомедов Г.О., Плотникова И.В., Магомедов М.Г., Саранов И.А., Кочетов В.К. Порошок из солодового ячменного концентрата для производства пралиновых конфет пониженной сахароемкости // Кондитерское производство. 2016. № 6. С. 27 – 30.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Игорь А. Саранов к.т.н., инженер-исследователь, Центр коллективного пользования, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 391036, Россия, mr.saranov@mail.ru
Игорь А. Кузнецов студент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kuza7771995@gmail.com
Ирина В. Кузнецова к.т.н., доцент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kuznetsovaiv@mail.ru
Газибег О. Магомедов д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 49, г. Воронеж, 494046, Россия, mmg@inbox.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 19.02.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 04.05.2018

REFERENCES

- 1 Magomedov M.G. Technology of obtaining semi-finished products from sugar beet and confectionery products based on them. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET] 2015. 143 p. (in Russian).
- 2 Magomedov G.O., Saranov I.A., Kochetov V.K. et al. Massa praline [Mass praline] Patent RF, no 2630500, 2017. (in Russian).
- 3 Tan C.P., Che Man Y.B. Differential Scanning Calorimetric Analysis of Edible Oils: Comparison of Thermal Properties and Chemical Composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2000. no. 77(2). pp. 143–155
- 4 Budanina L.N., Vereshchagin A.L., Bychin N.V. Application of thermal analysis methods for identification of the composition of emulsion fat products. *Technique and technology of food production*. 2016. vol. 40. no. 1. pp. 103–108. (in Russian).
- 5 Chiavaro E. et al. Differential Scanning Calorimetry: Applications in Fat and Oil Technology. Taylor & Francis Group, LLC. 2015. 301 p.
- 6 Akta N., Kaya M. Detection of beef body fat and margarine in butter fat by differential scanning calorimetry. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2001. vol. 66. no. 3. pp. 795–801.
- 7 Kuznetsova L.N. Papchenko V.U., Petic P.F., Demidov I.N. Investigation of palm oil by the method of DSC. *Scientific works of Odessa National Academy of Food Technologies*. 2014. no. 46 (2). pp. 204–207. (in Russian).
- 8 Dahimi O., Rahim A.A., Abdulkarim S.M., Hassan M.S. et al. Multivariate statistical analysis treatment of DSC thermal properties for animal fat adulteration. *Food chemistry*. 2014. no. 158. pp. 132–138.
- 9 Nusantoro B.P., Yanty N.A.M., Van de Wallea D., Hidayat C. et al. Calculation procedure for formulating lauric and palmitic fat blends based on the grouping of triacylglycerol melting points. *Grasas y Aceites*. 2017. no. 68 (4). pp. 1–12.
- 10 Magomedov G.O., Plotnikova I.V., Magomedov M.G., Saranov I.A. Powder from malt barley concentrate for the production of praline candies with reduced sugar content. *Confectionery*. 2016, no. 6. pp. 27–30. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Igor A. Saranov Cand. Sci. (Engin.), engineer, center of collective use, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 391036, Russia, mr.saranov@mail.ru
Igor A. Kuznetsov student, machines and apparatus of food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kuza7771995@gmail.com
Irina V. Kuznetsova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kuznetsovaiv@mail.ru
Gazibeg O. Magomedov Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 49 Voronezh, 494046, Russia, mmg@inbox.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 2.19.2018

ACCEPTED 5.4.2018