

УДК 665.1

*В.А. Голодняк^а, В.С. Мазаева^б, И.Н. Демидов^а, З.И. Коваленко^с, Т.А. Оноприенко^с***ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ТРИАЦИЛГЛИЦЕРОЛОВ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПЛАВЛЕНИЯ ИХ СМЕСИ И ХАРАКТЕРНЫЕ ТОЧКИ НА КРИВОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ КАЛОРИМЕТРИИ**^а Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»^б Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров
Национальной академии аграрных наук Украины, г. Харьков^с Национальный фармацевтический университет, г. Харьков

Такие фазовые превращения, как кристаллизация и плавление жировых продуктов, связаны с соотношением триацилглицеролов в их составе и определяют стабильность и реологические свойства (пластичность, ползучесть, намазываемость и др.). Существует много неясных вопросов, связанных с этими явлениями. В частности, мало внимания уделяется исследованию фазовых превращений многокомпонентных систем содержащих различные липиды. В данной работе предпринята попытка изучить влияние соотношения триацилглицеролов компонентов бинарной смеси на температуру ее плавления, а также на характерные точки фазовых переходов на диаграмме дифференциальной сканирующей калориметрии в процессе плавления. Предполагается, что эти исследования позволят получить представление о качественных и количественных подходах к методам изучения и расчета физико-химических свойств жировых систем. Представление результатов измерений дифференциальной сканирующей калориметрии в системе координат «соотношение – компонент – массовая доля триацилглицеролов» в смеси выполняется на основании линейной аппроксимации поля температур характерных точек на диаграмме дифференциальной сканирующей калориметрии в зависимости от массовой доли триацилглицеролов в смеси. В результате проведенных вычислений найдены коэффициенты аппроксимации для определения температуры, удельного теплового потока и энтальпии процесса плавления в характерных точках на диаграмме дифференциальной сканирующей калориметрии. Проведенные исследования позволяют утверждать, что при составлении жировых смесей с заданными свойствами принципиально возможен переход от псевдокоординаты «массовая доля компонента» (поскольку при одном и том же наименовании компонент может иметь отличающийся состав триацилглицеролов) к объективной физической координате массовая доля триацилглицеролов. В данном случае, фактически осуществляется переход от планов Шефе к фазовому пространству физических переменных. Аналогично можно выполнить преобразования для других физико-химических показателей жировой смеси таких как температура кристаллизации, содержание твердых триацилглицеролов, твердость и т.д.

Ключевые слова: триацилглицеролы, дифференциальная сканирующая калориметрия, температура плавления, удельный тепловой поток, энтальпия, жировая смесь, фазовые превращения.

Введение

Природные жировые системы представляют собой смеси различных триацилглицеролов. Триацилглицеролы (ТАГ) представляют собой сложные эфиры, образованные из одной моле-

кулы глицерина, в сочетании с тремя жирными кислотами. Их функциональные свойства и качественные характеристики непосредственно связаны с типом ТАГ, присутствующих в жировой системе [1].

К одним из важных показателей, от которых в значительной мере зависят потребительские свойства жирового продукта, относится температура плавления. Причем, имеет значение не только ее численная величина, но и фазовые превращения, которые сопровождают поведение продукта при нагревании до температуры плавления. Именно этими процессами определяется диапазон температурной стабильности продукта и его реологические свойства, такие как пластичность, намазываемость и другие характеристики консистенции [2].

Пальмовое масло и его фракции обладает несколькими отличными свойствами, такими как, простота формирования кристалла β -типа, высокая термическая устойчивость к окислению и пластичность при комнатной температуре [3]. Поэтому пальмовое масло и его фракции широко используется при производстве: маргарина, в качестве разрыхлителя в кулинарии, кондитерской, хлебобулочной промышленности и т.д.

В работах [4,5] было отмечено, что существует связь между составом ТАГ, свойствами плавления и полиморфным поведением пальмового масла и фракций, после анализа ряда пальмовых масел, твердых и жидких фракций (стеарины, средние фракции, олеины и суперолеины). Поэтому представляет интерес исследование влияния соотношения ТАГ компонентов в жирах на температуру их плавления, а также фазовых переходов в процессе плавления.

Методика эксперимента, результаты и их обсуждение

В качестве объекта исследования взяты бинарные смеси пальмового олеина (ПО) и пальмового стеарина (ПС). Выбор этих продуктов обусловлен тем, что их ТАГ состав содержит, за небольшим отличием, одни и те же триацилглицеролы, но в различной пропорции, что позволяет на основе смесей ПО и ПС исследовать влияние соотношения ТАГ в смеси на фазовые превращения при плавлении.

В работе [1] приведен ТАГ-состав ПО и ПС, а также показано, как убывает массовая доля содержания ТАГ после упорядочивания их по величине относительно ПО. В [6] приведены результаты исследования температур плавления и кристаллизации жиров методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) для бинарных смесей ПО и ПС, где отмечено влияние соотношения ТАГ на характер плавления смеси.

Данная работа выполнена на переэтирифици-

рованных жировых смесях, в которых соотношение исходных компонент ПО и ПС изменялось с шагом 10%. Массовая доля компонент определялась по ПС и смеси с номером 0 соответствует соотношению компонент в смеси 100% ПО и 0% ПС, а с номером 10 – соответствует 0% ПО и 100% ПС. При плавлении образца жира на диаграмме ДСК регистрируется величина удельного теплового потока на грамм пробы в зависимости от температуры нагрева. Скорость нагрева составлял $7,5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

Фазовые превращения процесса плавления характеризуются отклонением диаграммы ДСК от линейной зависимости. Как правило, эти отклонения имеют характерные точки, к которым относятся экстремальные значения величины теплового потока, точки перегиба и резкие изменения кривизны. На рис. 1,а приведена кривая ДСК плавления ПО, где латинскими буквами от а до w обозначены экстремумы и изменения кривизны (13 точек), а точки перегиба расположены между ними. Положение их определяется нулями второй производной зависимости потока от температуры, и обозначаются буквой экстремума, за которым следуют, с индексом один от a_1 до s_1 (12 точек). Погрешность определения значения температуры в характерных точках не превышала $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Из теории обработки статистических данных известно, что такие точки (общее количество 25) входят в число представительных для аппроксимации функциональных зависимостей результатов измерений. На этой же кривой пунктиром показано линейное изменение теплового потока при нагреве жира в отсутствие фазовых превращений.

Кривая ДСК плавления ПС показана на рис. 1,б, ее форма представляет собой видоизмененный график ПО, где идентифицируются те же представительные точки. Кроме того, здесь дополнительно появились две характерные точки ab и ac, которые, предположительно, обусловлены значительным содержанием ТАГ PPP в ПС (массовая доля 29,6%), о чем свидетельствует наличие этих точек на кривой ДСК только при массовой доле ПС более 50% в смеси. Характер изменения вида кривой ДСК для жировых смесей в зависимости от соотношения ПО и ПС показан на 3D графике рис. 1,в.

В соответствии с данными ДСК процесс плавления жировых смесей характеризуется полем температур и удельным тепловым потоком, которые получены в результате прямых измерений, а так же энтальпией, которую можно определить расчетным путем, исходя из условий

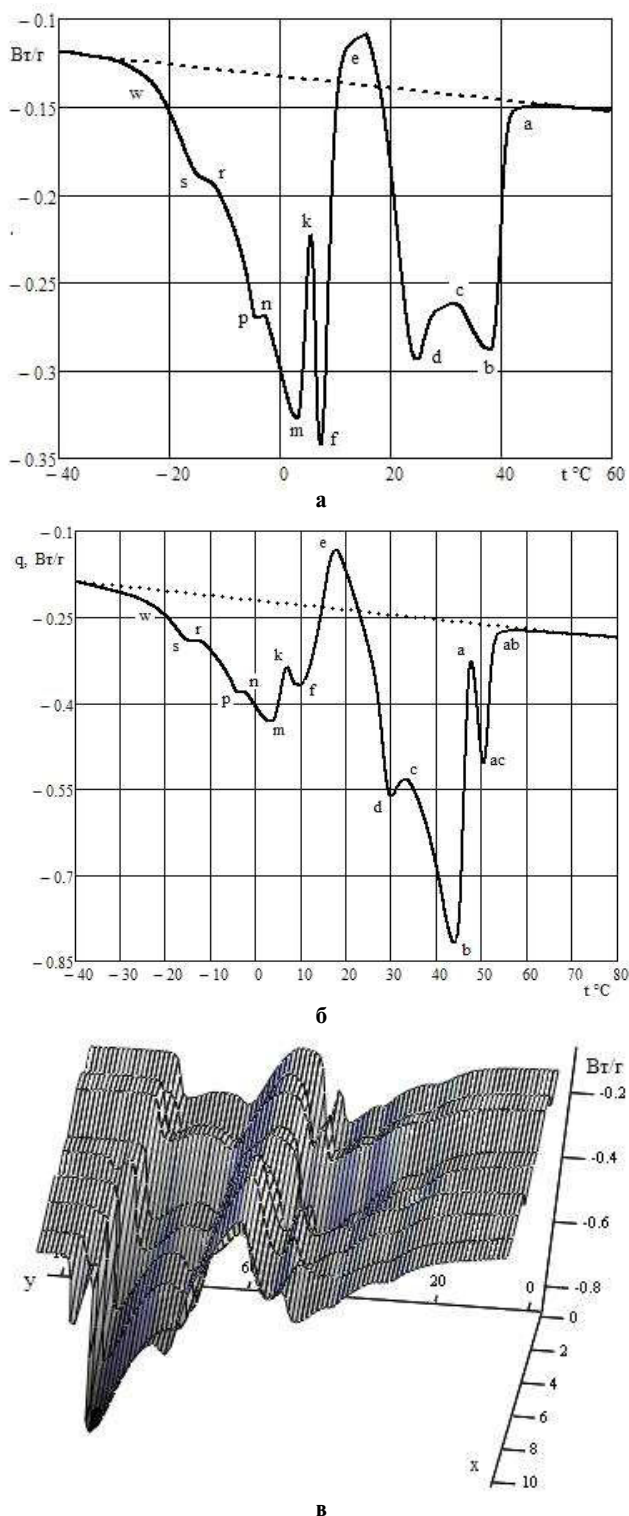


Рис. 1. Кривые ДСК плавления бинарных смесей: а – ПО и б – ПС с обозначением экстремальных точек; в – 3D график плавления смесей ПО и ПС, вдоль оси «х» указаны номера смесей в порядке увеличения массовой доли ПС (индексация от 0 до 10), вдоль оси «у» указаны порядковые номера значений температуры в интервале от -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$ через 1°C (индексация от 1 до 100)

проведения измерений.

Из анализа зависимости температуры в характерных точках от соотношения компонентов смеси и следования их на кривых ДСК в порядке увеличения температуры видно, что точки в целом располагаются в среднем вдоль плоскости. На рис. 2,а приведен 3D график, который дает общее представление о полученной зависимости. Тем не менее, из рис. 2б, где показана зависимость температуры в характерных точках от их положения на кривой ДСК, в этой зависимости можно выделить четыре плоских участка. Эти участки расположены в интервалах между точками а–d, d–f, f–n, n–w и отклоняются от общей плоскости, которую они образуют, под небольшим углом в разных направлениях относительно этой плоскости.

Можно предположить, что каждый из интервалов соответствует определенным физическим процессам плавления жира. С уверенностью можно идентифицировать только первый интервал, на который и происходит собственно плавление. Косвенное подтверждение этому можно получить, воспользовавшись результатами работы [7], где показано, что падение (депрессия) $t = T_x - T_{\max}$ температуры плавления смеси двух чистых ТАГ (в случае отсутствия эвтектики) линейно зависит от логарифма соотношения компонентов X. На рис. 2,в приведены результаты аппроксимации результатов измерения в точках а, а₁, b логарифмической зависимостью:

$$t = D_0 \cdot \ln(X + D_1) + D_2. \quad (1)$$

Коэффициент корреляции для точек соответственно равен 0,954, 0,975 и 0,952, что в условиях относительно высокой погрешности определения температуры в характерных точках вполне удовлетворительно. Таким образом, это косвенно подтверждает, что указанные точки относятся к параметрам уже жидкого жира. Аппроксимация для последующих точек не имела физического смысла, поскольку коэффициент корреляции не превышал значений 0,8. Очевидно в точках с, с₁, d процесс образования жидкой фазы находится в начальной стадии и содержится в жировой смеси еще твердая фаза.

Обработка данных ДСК в системе координат соотношение компонент и массовая доля ТАГ в смеси выполняется на основании линейной аппроксимации поля температур характерных точек кривых ДСК в зависимости от массовой доли ТАГ в смеси. В связи с тем, что в

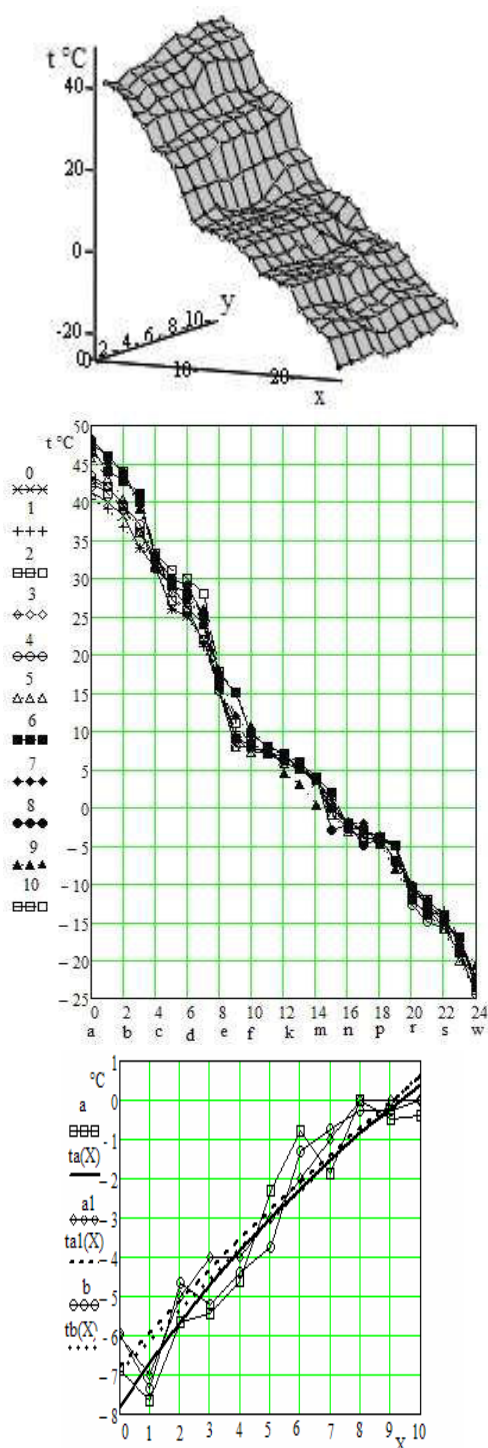


Рис. 2. Зависимость температуры в характерных точках: а – 3D график температуры вдоль оси «у» указаны номера смесей в порядке увеличения массовой доли ПС (индексация от 0 до 10), вдоль оси «х» указаны порядковые номера точек в порядке уменьшения температуры на кривой ДСК; б – зависимость температуры в представительных точках от их положения на кривой ДСК; в – аппроксимации результатов измерения в точках а, а₁, b логарифмической зависимостью

эксперименте использовано 11 смесей жиров для замыкания системы уравнений аппроксимации в каждой смеси количество ТАГ также ограничено одиннадцатью наибольшими по величине значениями, которые составляют в сумме более 90% массовой доли содержания ТАГ в смесях и назовем их базовыми. Правомерность такого ограничения обоснована в работах [1,8].

Введем следующие обозначения:

– обозначим величину физического параметра Y (температура, удельный поток, энтальпия) в характерных точках через $Y_{p_{i,j}}$ где $p_{i,j} \in (a, a_1, b, \dots, s, s_1, w)$ обозначает характерные точки, которым соответствует индекс $i=1 \dots 25$, а $j=1 \dots 11$ указывает на номер смеси, например $tp_{1,2}$ это температура в точке а смеси, состоящей из 80% ПО и 20% ПС;

– через $Tg_{k,j}$ обозначим базовые ТАГ, где индекс $k=1 \dots 11$ указывает порядковый номер ТАГ в смеси, а индекс j номер смеси;

– коэффициенты аппроксимации обозначим $A_{i,j}$.

В приведенных обозначениях уравнения аппроксимации имеют следующий вид:

$$Y_{p_{i,j}} = \sum_{k=1}^{11} A_{i,j} \cdot Tg_{k,j} . \quad (2)$$

Коэффициенты аппроксимации определялись алгоритмом, который приведен в Mathcad, по известным экспериментальным данным массового содержания ТАГ в смесях и результатам обработки кривых ДСК. Базовые ТАГ по одинаковой норме содержания для проведения расчетов нормировались согласно соотношению

$$\sum_{k=1}^{11} Tg_{k,j} = 1 .$$

В результате проведенных вычислений найдены коэффициенты аппроксимации для вычисления температуры, удельного теплового потока и энтальпии процесса плавления в характерных точках в зависимости от положения характерных точек на кривой ДСК и содержания ТАГ в смеси. Полученная аппроксимация применима к любым компонентам, в смесях которых содержание ТАГ находится в интервале значений указанных в работе [1] для ПО и ПС. Характерная точка а соответствует температуре плавления смеси, которую можно рассчитать по уравнению (2) для этой точки.

На рис. 3 приведены 3D графики зависимости коэффициентов аппроксимации от индексации характерных точек и ТАГ для температуры, удельного теплового потока и энталь-

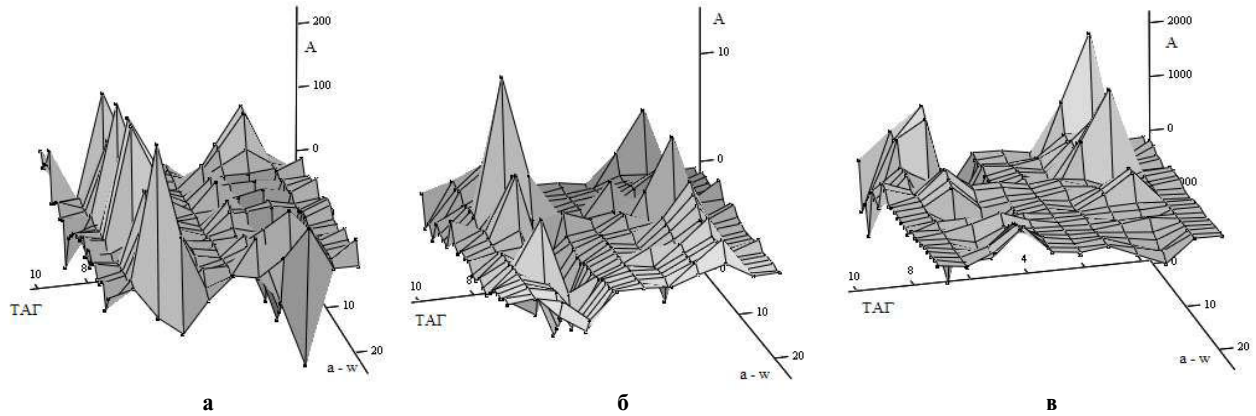


Рис. 3. Зависимость коэффициентов аппроксимации в характерных точках для: а – температуры; б – удельного теплового потока; в – энтальпии от индексации ТАГ в порядке их следования в табл. 1 и характерных точек от а до w

пии соответственно а), б) и в).

Результаты расчетов на рис. 3 представлены в виде полигона, в узлах сети которого находятся значения величины коэффициентов аппроксимации. Несмотря на различные значения величины коэффициентов, на всех трех графиках наблюдается общий характер поведения зависимости от индекса ТАГ. Если рассматривать коэффициенты аппроксимации как весовые множители каждого ТАГ в уравнениях (1), то множители показывают, какие из ТАГ играют определяющую роль в формировании свойств жировой смеси. Анализ расчетов для всех трех вышеуказанных параметров приводит к одним и тем же результатам, поэтому рассмотрим только в качестве примера только множители ТАГ в характерных точках для температуры. На рис. 4 результаты, приведенные на рис. 3а, показаны в

двух проекциях:

- на оси коэффициент аппроксимации – индекс характерной точки с индексом ТАГ в качестве параметра рис. 4,а;
- на оси коэффициент аппроксимации – индекс ТАГ с индексом характерной точки в качестве параметра рис. 4,б.

Следует отметить, что на рис. 4б результаты приведены для точек экстремумов, чтобы не загромождать график излишней информацией, которая уже содержится на рис 4,а. Согласно приведенным на рис. 4 результатам, наибольшие значения коэффициентов аппроксимации приходятся на триацилглицеролы PLP и SOO, а значение коэффициентов для остальных ТАГ в два-три раза ниже. Такая же тенденция сохраняется для удельного теплового потока и энтальпии. Результатов имеющихся эксперименталь-

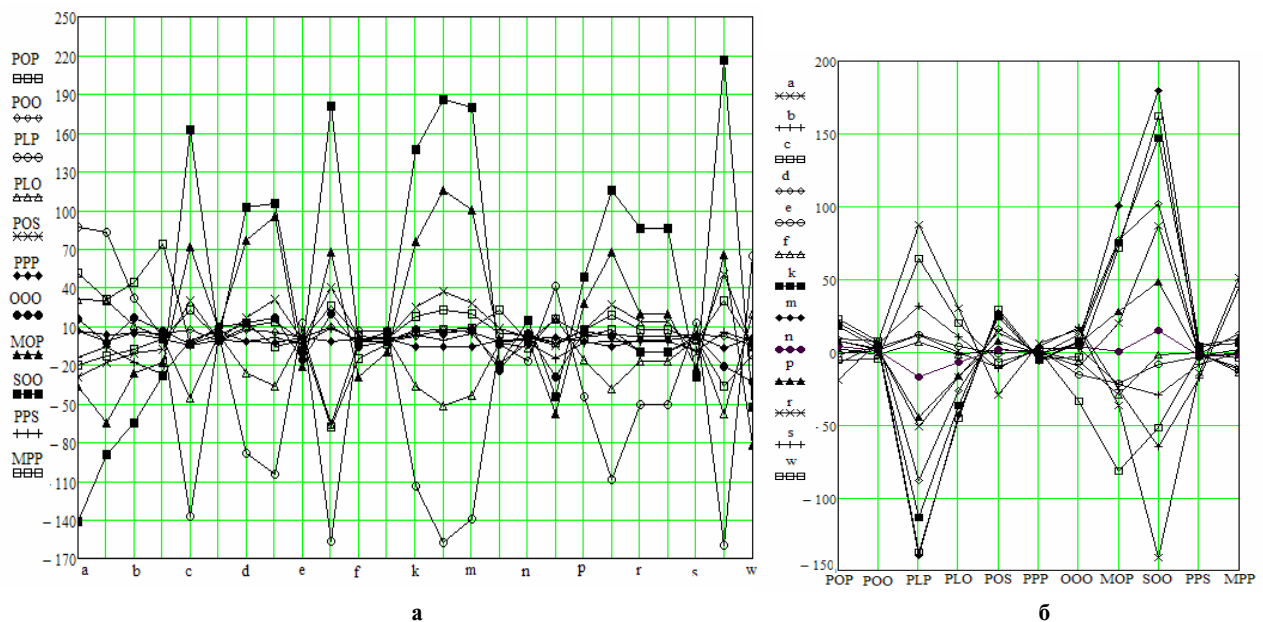


Рис. 4 Зависимость коэффициентов аппроксимации: а – от индекса характерных точек; б – от индекса ТАГ

ных данных недостаточно для объяснения этого факта.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что при составлении жировых смесей с заданными свойствами принципиально возможен переход от псевдокоординаты массовая доля компонента (поскольку при одном и том же наименовании компонент может иметь отличающийся состав ТАГ) к объективной физической координате – массовая доля ТАГ. Фактически в данном случае осуществляется переход от планов Шефе к фазовому пространству физических переменных. Аналогично можно выполнить преобразования для других физико-химических показателей жировой смеси таких как температура кристаллизации, содержание твердых триацилглицеролов, твердость и т.д.

Выводы

Разработана методология обработки экспериментальных данных, которые получены в результате применения различных методов измерений (в данном случае определение содержания ТАГ в компонентах смеси методом хроматографии и исследование процесса плавления жиров методом ДСК). Методология основана на использовании понятия характерных точек, которые свойственны исследуемому процессу.

Для наглядности в данном исследовании рассмотрены бинарные смеси. Однако, очевидно, что применение данной методологии к многокомпонентным смесям и всему спектру физико-химических характеристик жиров не представляется проблематичным и приведет только к увеличению объема необходимых измерений и, соответственно, вычислений и потере наглядности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *О некоторых особенностях триацилглицерольного и жирнокислотного составов растительных масел* / В.С. Мазаева, И.Н. Демидов, Н.С. Сытник, В.А. Голодняк и др. // *Nauka i Studia*. – 2017. – № 4 (165). – С.102-108.
2. *O'Brien R.D.* Fats and oils: formulating and processing for applications. – 3rd ed., Inc. USA. – 2008. – 744 p.
3. *Palm oil: addressing issues and towards sustainable development* / K.T. Tan, K.T. Lee, A.M.S. Bhatia // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2009. – Vol.13, – P.420-427.
4. *Braipson-Danthine S., Gibon V.* Comparative analysis of triacylglycerol composition, melting properties and polymorphic behavior of palm oil and fractions // *European Journal of Lipid Science and Technology*. – 2007. – Vol.109. – P.359-372.
5. *Comparative analysis of thermal behavior, isothermal*

crystallization kinetics and polymorphism of palm oil fractions / Zhang X., Li L., Xie H., Liang Z., Su J., Liu G., Li B. // *Molecules*. – 2013. – Vol.18. – P.1036-1052.

6. *Исследование температур плавления и кристаллизации жиров методом дифференциальной сканирующей калориметрии* / В.С. Мазаева, В.А. Голодняк, И.Н. Демидов, И.В. Левчук, О.В. Голубец // *Вісник НТУ «ХПІ»* – 2016. – № 42 (1412). – С.179-185.

7. *Crystallization and equilibrium melting temperatures from binary lipid mixture* / Tamaki R., Kawai K., Viriyarattanasak C., Kimizuka N., Suzuki T. // *Japan Journal of Food Engineering*. – 2005. – Vol.6. – No. 4. – P.253-258.

8. *Криволапов А.Н., Демидов В.И., Демидов И.Н.* Исследования математического моделирования при получении жиров с заданными свойствами: «Масложировой комплекс» // *ИА «Эксперт-Агро»*. – 2004. – № 2 (5). – С.65-66.

Поступила в редакцию 03.05.2018

ВПЛИВ СКЛАДУ ТРИАЦИЛГЛІЦЕРОЛІВ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПЛАВЛЕННЯ ЇХ СУМІШІ І ХАРАКТЕРНІ ТОЧКИ НА КРИВІЙ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ СКАНУВАЛЬНОЇ КАЛОРИМЕТРІЇ

В.О. Голодняк, В.С. Мазаєва, І.М. Демидов, З.І. Коваленко, Т.А. Онопрієнко

Такі фазові перетворення, як кристалізація і плавлення жирювих продуктів, пов'язані зі співвідношенням триацилглицеролів в їх складі і визначають стабільність і реологічні властивості (пластичність, повзучість, здатність до намазування тощо). Існує багато незрозумілих питань, пов'язаних з цими явищами. Зокрема, мало уваги приділяється дослідженню фазових перетворень багатоконпонентних систем містять різні ліпіди. У даній роботі зроблена спроба вивчити вплив співвідношення триацилглицеролів компонентів бінарної суміші на температуру її плавлення, а також на характерні точки фазових переходів на діаграмі диференціальної сканувальної калориметрії в процесі плавлення. Передбачається, що ці дослідження дозволять отримати уявлення про якісні та кількісні підходи до методів вивчення і розрахунку фізико-хімічних властивостей жирювих систем. Надання результатів вимірювань диференціальної сканувальної калориметрії в системі координат «співвідношення—компонент—масова частка триацилглицеролів» в суміші виконується на підставі лінійної апроксимації поля температур характерних точок на діаграмі диференціальної сканувальної калориметрії в залежності від масової частки триацилглицеролів в суміші. В результаті виконаних обчислень знайдені коефіцієнти апроксимації для визначення температури, питомої теплового потоку і ентальпії процесу плавлення в характерних точках на діаграмі диференціальної сканувальної калориметрії. Здійснені дослідження дозволяють стверджувати, що при складанні жирювих сумішей з заданими властивостями принципово можливий перехід від псевдокоординат «масова частка компонента» (оскільки при одному і тому ж найменуванні компонентів може відрізнятися склад триацилглицеролів) до об'єктивної фізичної координати масова частка триацилглицеролів. В даному випадку, фактично, здійснюється перехід від планів Шефу до фазового простору фізичних змінних. Аналогічно можна виконати перетворення для інших фізико-хімічних показників жирювої суміші таких як температура кристалізації, зміст твердих триацилглицеролів,

теордість тощо.

Ключові слова: триацилгліцероли, диференціальна сканувальна калориметрія, температура плавлення, питомий тепловий потік, ентальпія, жирова суміш, фазові перетворення.

THE EFFECTS OF THE COMPOSITION OF TRIACYLGLYCEROLS ON THE MELTING POINT OF THEIR MIXTURE AND THE CHARACTERISTIC POINTS ON THE DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY CURVE

V.A. Golodnyak ^a, V.S. Mazaeva ^b, I.N. Demidov ^a, Z.I. Kovalenko ^c, T.A. Onopriyenko ^c

^a National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

^b Ukrainian Research Institute of Oils and Fats of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

^c National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine

Such phase transformations as crystallization and melting of fatty products are connected with the ratio of triacylglycerols in their composition and determine stability and their rheological properties (ductility, creep, spreadability etc.). There are still a number of unclear questions associated with these phenomena. In particular, little attention is paid to the study of the phase transformations of multicomponent systems containing different lipids. In this paper, we attempted to study the effects of the ratio of triacylglycerols of the components of a binary mixture on its melting temperature and on the characteristic points of phase transitions in the differential scanning calorimetry diagram of the melting process. It is assumed that these studies will provide an idea on the qualitative and quantitative approaches to the methods of studying and calculating physical and chemical properties of fat systems. The representation of the results of measurements by differential scanning calorimetry in the «ratio vs. component vs. mass fraction of triacylglycerols» coordinates for the mixture was performed on the basis of linear approximation of the temperature field of characteristic points on the differential scanning calorimetry diagram, depending on the mass fraction of triacylglycerols in the mixture. As a result of the calculations, the approximation coefficients were determined for calculating the temperature, specific heat flux and enthalpy of the melting process in characteristic points on the differential scanning calorimetry diagram. The performed studies allow asserting that the transition from the pseudo-coordinate «mass fraction of the component» (because the same component can have a different composition of triacylglycerols) to the objective physical coordinate «mass fraction of triacylglycerols» when preparing fat mixtures with specified properties. In this case, there is virtually a transition from Shefa's plans to the phase space of the physical variables. Similarly, it is possible to perform the transformations for other physicochemical parameters of the fat mixture, such as the crystallization temperature, the content of solid triacylglycerols, hardness etc.

Keywords: triacylglycerols; differential scanning calorimetry; melting point; specific heat flux; enthalpy; fat mixture; phase transformations.

REFERENCES

1. Mazaeva V.S., Demidov I.N., Sytnik N.S., Golodnjak V.A. O nekotorykh osobennostyakh triatsilglitserol'nogo i zhirnokislotojnogo sostavov rastitel'nykh masel [Some specific features of triacylglycerol and fatty acids compositions of vegetable oils]. *Nauka i Studia*, 2017, no. 4 (165), pp. 102-108. (in Russian).
2. O'Brien R.D., *Fats and oils: formulating and processing for applications, third edition*. CRC Press, 2008.
3. Tan K.T., Lee K.T., Bhatia A.M.S. Palm oil: addressing issues and towards sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, vol. 13, pp. 420-427.
4. Braipson-Danthine S., Gibon V. Comparative analysis of triacylglycerol composition, melting properties and polymorphic behavior of palm oil and fractions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2007, vol. 109, pp. 359-372.
5. Zhang X., Li L., Xie H., Liang Z., Su J., Liu G., Li B. Comparative analysis of thermal behavior, isothermal crystallization kinetics and polymorphism of palm oil fractions. *Molecules*, 2013, vol. 18, pp. 1036-1052.
6. Mazaeva V.S., Golodnjak V.A., Demidov I.N., Levchuk I.V., Golubec O.V. Issledovanie temperatur plavleniya i kristallizatsii zhirov metodom differentsial'noi skaniruyushchei kalorimetrii [Study on melting and crystallization temperatures of lipids by means of differential scanning calorimetry]. *Visnyk NTU «KhPI»*, 2016, no. 42 (1412), pp. 179-185. (in Russian).
7. Tamaki R., Kawai K., Viriyarattanasak C., Kimizuka N., Suzuki T. Crystallization and equilibrium melting temperatures from binary lipid mixture. *Japan Journal of Food Engineering*, 2005, vol. 6, pp. 253-258.
8. Krivolapov A.N., Demidov V.I., Demidov I.N. Issledovaniya matematicheskogo modelirovaniya pri poluchenii zhirov s zadannymi svoystvami: «Maslozhirovoi kompleks» [Studies on simulating of lipids preparation with specified properties: oil and fatty complex]. *Ekspert-Agro*, 2004, no. 2 (5), pp. 65-66. (in Russian).