



Зберігання та переробка продукції

УДК 637.07; 664.36
© 2013

А.В. Самойлов,
кандидат
технічних наук
ЗАО «Мономах» (Москва)

Г.А. Ересько,
академик НААН

Я.Ф. Жукова,
кандидат
біологічних наук
Институт
продовольственных
ресурсов НААН (Киев)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАМЕНИТЕЛЕЙ МОЛОЧНОГО ЖИРА И МОЛОЧНО-ЖИРОВЫХ СМЕСЕЙ

Досліджено фізико-хімічні, теплофізичні та реологічні властивості молочного жиру та його заміників, а також їхні композиції. Встановлено, що вміст насичених амінокислот у заміниках молочного жиру (ЗМЖ) становить 46,5–48,3%, що є нижчим, ніж у молочного жиру (МЖ) (62,5%). Додавання ЗМЖ до МЖ призводить до зниження насичених жирних кислот і збільшення вмісту поліненасичених жирних кислот порівняно з МЖ на 6–14%. Аналогічно знижується температура плавлення сумішей, особливо за співвідношення МЖ і ЗМЖ 50:50. Уміст твердих тригліцеридів у жирових сумішах також нижчий, ніж у МЖ і ЗМЖ.

Ключевые слова: молочный жир, заменители молочного жира, жировые смеси, твердые триглицериды, температура плавления, температура отвердевания.

В последнее время в странах СНГ наблюдается тенденция к увеличению производства молокосодержащих продуктов с частичной или полной заменой макронутриентов молока, в основном жира и белка. Это связано как с экономическими причинами, так и с неравномерным доступом всех участников рынка к молоку-сырью. В связи с этим значительное количество масложировых предприятий России, Украины и Беларуси выпускают заменители молочного жира (ЗМЖ) на основе натуральных или модифицированных растительных масел. Национальные законодательства этих стран предъявляют к ним достаточно жесткие требования по безопасности и качеству: низкое содержание транс-изомеров жирных кислот, продуктов окислительной и гидролитической порчи и др. [2]. На сегодняшний день проведены исследования по разработкам ЗМЖ, однако их внедрение на молочные предприятия осуще-

ствляется, зачастую, эмпирически, исходя из собственного опыта технолога. Необходим фундаментальный подход к разработкам дифференциальных ЗМЖ для разных типов продуктов [4]. Для этого следует изначально изучить физико-химические, теплофизические и структурно-механические (реологические) свойства ЗМЖ и молочного жира (МЖ) во взаимодействии друг с другом.

Цель работы — определение факторов, влияющих на изменение физико-химических, теплофизических и реологических свойств заменителей молочного жира и молочно-жировых смесей.

Для реализации поставленной цели исследования необходимо решить следующие задачи: определить физико-химические показатели МЖ и ЗМЖ различного состава; проанализировать физико-химические, теплофизические и реологические свойства модельных смесей

Жирнокислотный состав МЖ, трех видов ЗМЖ и их смесей

Жир, ЗМЖ №	Соотношение МЖ:ЗМЖ, %	Группа жирных кислот, %		
		НЖК	МНЖК	ПНЖК
Молочный	100:0	62,5	31,5	6,0
	25:75	58,7	32,4	8,9
1	50:50	58,8	29,6	11,6
	75:25	47,0	36,7	16,3
	0:100	46,5	34,2	19,3
	25:75	61,4	30,3	8,3
2	50:50	57,5	31,7	10,8
	75:25	49,7	34,8	15,5
	0:100	48,3	34,7	17,0
	25:75	60,4	31,5	8,1
3	50:50	57,4	32,7	9,9
	75:25	50,3	35,7	14,0
	0:100	46,8	36,6	16,6

Примечание: НЖК — насыщенные жирные кислоты; МНЖК — мононенасыщенные жирные кислоты; ПНЖК — полиненасыщенные жирные кислоты.

МЖ и ЗМЖ; определить закономерности изменения свойств и построить математическую модель для их описания.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись МЖ и 3 вида промышленно произведенного ЗМЖ разного состава на основе натуральных жидких или тропических масел, а также модифицированных (перезтерифицированных или фракционированных) растительных масел.

В исходных жирах и смесях с ЗМЖ определяли: жирнокислотный состав жировой фазы жира методом газовой хроматографии согласно с ДСТУ ISO 5508:2001 [1], содержание твердых триглицеридов (ТТГ), кинетику плавления и кристаллизации методом дилатометрии [3].

В исследовании применяли также стандартные методы физико-химического анализа жиров [5].

Результаты исследований. Для исследований готовили серии смесей расплавов жиров в соотношении 0, 25, 50, 75, 100% замены МЖ на ЗМЖ каждого вида. Определен групповой жирнокислотный состав МЖ и трех видов ЗМЖ, а также их смесей (таблица).

Содержание насыщенных жирных кислот (НЖК) во всех ЗМЖ практически не различается (46,5–48,3%) и ниже, чем у МЖ (62,5%) (таблица). При добавлении ЗМЖ к МЖ коли-

чество НЖК в смесях снижается пропорционально, при этом аналогичным образом возрастает количество полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК).

Определена зависимость содержания ТТГ от температуры (кривые плавления) для МЖ, ЗМЖ и их смесей (рис. 1–3).

Наибольшее ТТГ в диапазоне температур 0–40°C содержится в ЗМЖ № 3, ЗМЖ № 1 занимает промежуточное положение, а ЗМЖ № 2 является наиболее мягким по этой характери-

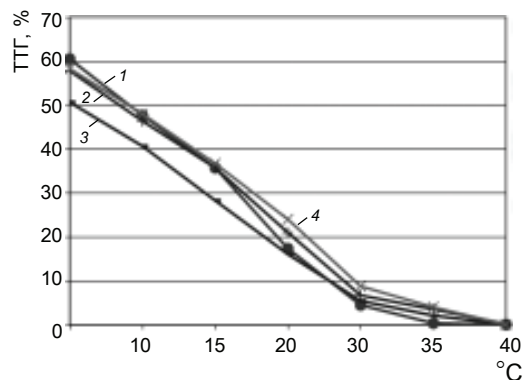


Рис. 1. Зависимость содержания ТТГ в МЖ и ЗМЖ от температуры: 1 — МЖ; 2 — ЗМЖ № 1; 3 — ЗМЖ № 2; 4 — ЗМЖ № 3

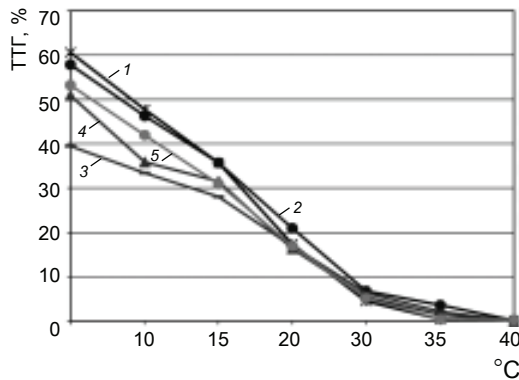


Рис. 2. Зависимость содержания ТТГ в смесях МЖ и ЗМЖ № 1 от температуры: 1 — МЖ; 2 — ЗМЖ № 1; 3 — 75% ЗМЖ № 1 + 25% МЖ; 4 — 50% ЗМЖ № 1 + 50% МЖ; 5 — 25% ЗМЖ № 1 + 75% МЖ

стике (см. рис. 1). Содержание ТТГ в МЖ при низких температурах (0–15°C) практически соответствует их содержанию в ЗМЖ № 1 и № 3, а ТТГ при высоких температурах (20–40°C) — в ЗМЖ № 2.

Содержание ТТГ при добавлении ЗМЖ в МЖ изменяется непрямопропорционально (см. рис. 1–3). Эта тенденция особенно заметна в области низких температур (0–15°C) для ЗМЖ № 1: при добавлении ЗМЖ к МЖ содержание ТТГ смеси снижается и составляет значения ниже, чем у МЖ и ЗМЖ № 1 в отдельности. Это явление может быть вызвано образованием эвтектических смесей триглицеридов, которые обычно характеризуются снижением температуры плавления ($T_{пл}$) и застывания (T_3) многокомпонентных смесей жиров относительно индивидуальных компонентов.

В соответствии с полученными данными определена зависимость $T_{пл}$ и T_3 смесей от степени замены МЖ в них.

Эти данные свидетельствуют о том, что только ЗМЖ № 3 практически не образует эвтектических смесей при разной степени замены МЖ: $T_{пл}$ смесей прямо пропорционально повышается при добавлении растительного жира, T_3 при этом незначительно повышается. В отношении ЗМЖ № 1 и № 2 можно констатировать, что при определенной степени замены МЖ образуются эвтектические смеси: при замене 50% МЖ $T_{пл}$ снижается до 27°C, что значительно ниже $T_{пл}$ индивидуальных МЖ и обоих ЗМЖ. T_3 смесей этих ЗМЖ не подчиняется прямой зависимости, особенно в случае ЗМЖ № 2: при 50%-й замене она составляет

такую же величину, как и для МЖ (17°C), при 25 и 75% замены — снижается до 14–14,5°C, что свидетельствует об образовании эвтектических смесей жиров в этих точках.

Реологический показатель — твердость жиров определяли с помощью прибора Стивенса (в г), метод измерения которого основан на определении нагрузки, требуемой для погружения идентора в продукт на заданную глубину. Для измерения использовался металлический идентор со сферическим наконечником диаметром 6,35 мм, расстояние погружения идентора в продукт составляло 10 мм, постоянная скорость погружения — 2 мм/с. Пробоподготовку проводили так: образец жира массой около 100 г расплавляли в термостате при (80±2)°C, далее его охлаждали при комнатной температуре (25±2)°C. Затем образец выдерживали в течение суток в термостате при (10±2)°C, после чего проводили первое измерение, затем выдерживали еще сутки в термостате при (20±2)°C и проводили второе измерение.

В связи с тем, что твердость жиров определяли при 10 и 20°C, была выдвинута гипотеза о том, что данный реологический показатель может коррелировать с содержанием ТТГ при этих же температурах. Определена твердость по Стивенсу и содержание ТТГ при 10 и 20°C для МЖ, ЗМЖ и их смесей.

Наиболее твердым и содержащим наибольшее количество ТТГ является ЗМЖ № 3, особенно эта тенденция прослеживается при 20°C как в индивидуальном ЗМЖ, так и в смесях с МЖ (за исключением смеси 25% ЗМЖ №3 + 75% МЖ). Однако при 10°C такой четкой зависимости не прослеживается. Относительно

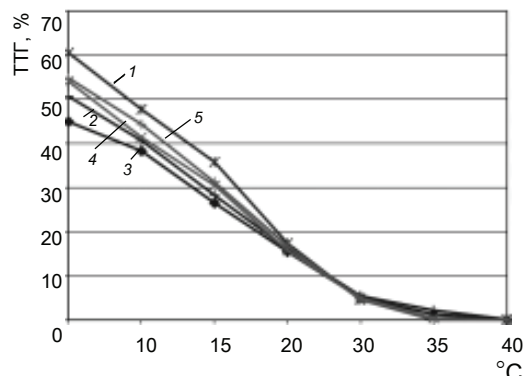


Рис. 3. Зависимость содержания ТТГ в смесях МЖ и ЗМЖ № 2 от температуры: 1 — МЖ; 2 — ЗМЖ № 2; 3 — 75% ЗМЖ № 2 + 25% МЖ; 4 — 50% ЗМЖ № 2 + 50% МЖ; 5 — 25% ЗМЖ № 1 + 75% МЖ

корреляции между показателями твердости и содержанием ТТГ жиров при одинаковых температурах, то линейной зависимости в данном случае не наблюдалось, однако имелась тенденция к равному соотношению между этими показателями. Так, соотношение твердость/ТТГ при 10°C для всех 13 образцов было в пределах 21,7–27,2 г%, что свидетельствует о возможной корреляции между этими показателями. При этом разброс соотношений при 20°C был больше (2,6–17,7 г%), что, возможно, вызвано большей погрешностью метода при проведении определения твердости в размягченном жире.

Также выявлено резкое уменьшение твердости и содержания ТТГ смеси 50% ЗМЖ № 1 + 50% МЖ при 10°C, что соотносится с резким снижением $T_{пл}$ относительно ЗМЖ № 1 и МЖ в отдельности. При этом содержание НЖК смеси составляет 58,8%, что практически соответствует уровню в аналогичных смесях МЖ с другими двумя ЗМЖ. Это может быть также подтверждением образования в этом случае эвтектической смеси, характеризующейся снижением $T_{пл}$, твердости и содержания ТТГ, на которые не влияет содержание НЖК, а важно соотношение и строение триглицеридов смеси.

Выводы

Промежуточные выводы по анализу показателей ЗМЖ и их смесей с МЖ:

ЗМЖ № 3 содержит наибольшее количество ТТГ при 10–40°C, имеет наибольшую твердость при 20°C в ряду ЗМЖ. При замене МЖ $T_{пл}$ смеси увеличивается, а содержание НЖК уменьшается прямо пропорционально.

ЗМЖ № 1, возможно, образует эвтектические смеси с МЖ, что характеризуется снижением твердости, ТТГ и $T_{пл}$. При этом

T_3 смесей с МЖ практически не различаются от степени замены и по данному показателю эвтектики не образуют.

ЗМЖ № 2 имеет наименьшее содержание ТТГ и твердость при 10 °C, при этом наибольшее содержание НЖК в ряду ЗМЖ. Возможно, это вызвано образованием эвтектических смесей при разной степени замены МЖ, что подтверждается снижением $T_{пл}$ и T_3 .

Библиография

1. ДСТУ ISO 5508:2001. Жири та олії тваринні і рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот.
2. ДСТУ 4599:2006. Жири рослинні та їхні композиції для виробництва спредів і сумішей жирових. Номенклатура та вимоги до показників якості та безпеки.
3. Ересько Г.А., Работягова Л.И. Дилатометрический метод исследования отвердевания молочного жира//Пищевая пром-сть. — К.: Техника. —

1977. — № 23. — С. 61–64.

4. Ересько Г.А., Работягова Л.И., Ересько В.А., Чистякова М.А. Исследование физических свойств молочного жира и сливок/Тр. ВНИИМС: Исследование физико-химических свойств сливок и масла. — 1973. — XIII. — С. 13–26.

5. О'Брайн Р. Жиры и масло. Производство, состав и свойства, применение. — СПб.: Профессия, 2007. — 756 с.

Поступила 25.09.2013.