

Н.Б. Кондратьев, доктор технических наук
 Е.В. Казанцев
 О.С. Руденко, кандидат технических наук
 Н.А. Петрова
 И.А. Белова

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал
 Федерального научного центра пищевых систем имени В.М. Горбатова РАН
 РФ, 107023, г. Москва, ул. Электрозаводская, 20, стр. 3
 E-mail: conditerprom@mail.ru

УДК 664.8.03

DOI:10.30850/vrsn/2021/5/78-80

ТЕМПЕРАТУРА ХРАНЕНИЯ КАК ФАКТОР МИГРАЦИИ ЖИРОВ В ГЛАЗИРОВАННЫХ САХАРИСТЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЯХ

Процессы миграции жиров исследованы по изменению жирнокислотного состава отдельных частей глазированных конфет с корпусами типа пралине (на основе арахиса) в процессе хранения при различной температуре. Основным механизмом массопереноса принято считать миграцию жира по объему изделий через капилляры. Максимальная скорость миграции жидкой жировой фазы – при температуре хранения 23–25°С в образцах без трансизомеров ненасыщенных жирных кислот. Ее снижение возможно при введении в жировую фракцию изделий 20–30 % лауриновой кислоты. Кристаллическая структура кондитерских жиров, входящих в начинки конфет, оказывает значительное влияние на скорость миграции жидкой жировой фазы в глазурь. Наименьшая соответствовала жирам в β-полиморфной форме с примесью не более 3 % кристаллов в β'-полиморфной форме. С учетом размера модельных образцов глазированных конфет рассчитана удельная скорость миграции жира. При увеличении температуры хранения от 18 до 27°С она увеличилась в 1,7 раза. Приведены результаты исследований изменения состава жирных кислот отдельных частей модельных образцов глазированных конфет в процессе хранения при температурах 18 и 27°С. Предложенный подход позволяет прогнозировать скорость процессов миграции жира. Методология комплексной оценки, включающая в себя определение физико-химических показателей качества в процессе хранения, закономерности процессов миграции жира и микробиологических изменений, позволит обосновывать требования к параметрам технологии и рецептурному составу глазированных сахаристых кондитерских изделий с заданным сроком годности.

Ключевые слова: кондитерские изделия, глазурь, арахис, хранение, миграция жира, «поседение».

N.B. Kondrat'yev, *Grand PhD in Engineering sciences*
 E.V. Kazantsev
 O.S. Rudenko, *PhD in Engineering sciences*
 N.A. Petrova
 I.A. Belova

All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry –
 Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS
 RF, 107023, g. Moskva, ul. Electrozavodskaya, 20, str. 3
 E-mail: conditerprom@mail.ru

STORAGE TEMPERATURE AS A FACTOR OF FAT MIGRATION IN GLAZED SUGARY CONFECTIONERY PRODUCTS

The fat migration processes by changing the fatty acid composition of individual parts of glazed sweets with praline-type bodies (based on peanuts) during storage at different temperatures was studied. The main mechanism of mass transfer is considered to be the fat migration through the volume of products through the capillaries. The maximum migration rate of the liquid fat phase is at a storage temperature of 23–25° C in samples without transisomers of unsaturated fatty acids. Its reduction is possible with the introduction of 20–30 % lauric acid into the fat fraction of products. The crystalline structure of the confectionery fats included in the candy fillings has a significant effect on the migration rate of the liquid fat phase into the glaze. The smallest one corresponded to fats in the β-polymorphic form with an admixture of no more than 3% crystals in the β'-polymorphic form. The specific rate of fat migration has been calculated taking into account the size of a glazed sweets model samples. When in storage temperature increases from 18 to 27° C, it increased 1.7 times. The results of studies of changes in the composition of fatty acids of model samples individual parts of glazed sweets during storage at temperatures of 18 and 27° C are presented. The proposed approach makes it possible to predict the fat migration processes rate. The comprehensive assessment methodology, which includes the determination of physical and chemical quality indicators during storage, the regularities of fat migration and microbiological changes, will justify the requirements for the technology parameters and the recipe composition of glazed sugary confectionery products with a given expiration date.

Key words: confectionery, frosting, peanuts, storage, fat migration, «blooming».

Управление сохранностью глазированных кондитерских изделий включает совокупность взаимосвязанных факторов. При хранении конфет с пралиновыми (тип пралине) корпусами окислительная порча приводит к прогорканию изделий и миграции жиров, из-за которой осветляется или умягчается глазурь

и происходит «поседение» поверхности изделий. Этот процесс связан с микроструктурой глазури, а его движущей силой считают градиент концентраций различных триацилглицеринов.

Процесс миграции по объему изделий за счет капиллярных эффектов (основной механизм мас-

сопереноса) можно описать математическим уравнением молекулярной диффузии в соответствии со вторым законом Фика:

$$F = D \left(\frac{\delta^2 c}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 c}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 c}{\delta z^2} \right) dx dy dz dr, \quad (1)$$

где F – скорость потока (расход) проникающего вещества; D – коэффициент молекулярной диффузии; c – концентрация, г/м³.

В наибольшей степени процессу миграции подвержены жиры, находящиеся в жидком фазовом состоянии. Скорость их миграции зависит от температуры плавления, обусловленной содержанием твердых триглицеридов, а также от состава жирных кислот и пропорциональна градиенту их концентраций. Поэтому целесообразно исследовать соотношение жидких и твердых жиров при температуре хранения исследуемых образцов пищевых продуктов.

При увеличении массовой доли ненасыщенных и низкомолекулярных жирных кислот с низкой температурой плавления, скорость миграции жиров увеличивается. Поэтому содержание ненасыщенных жирных кислот можно использовать как индикатор процессов направления и скорости миграции жиров между отдельными частями кондитерских изделий.

Диффузия жира протекает до достижения термодинамического равновесия, ее скорость пропорциональна градиенту концентраций различных триглицеридов, который условно принимаем направленным перпендикулярно поверхности глазированных кондитерских изделий:

$$F = -D \frac{dc}{dx} \approx -D \frac{c_2 - c_1}{l}, \quad (2)$$

где l – толщина глазури, мкм; c_1, c_2 – концентрация компонентов в различных частях изделия, %.

Скорость миграции жира F можно определить как количество продиффундировавшего жира между глазурью и корпусом изделия dQ через единицу поверхности A в единицу времени dt :

$$F = \frac{dQ}{Ad\tau}, \quad (3)$$

где A – площадь поверхности, нормальной к направлению диффузии, м².

Основным механизмом массопереноса принято считать миграцию жира по объему изделий через капилляры. [5]

Максимальная скорость миграции жидкой жировой фазы – при температуре хранения 23...25°C в образцах без трансизомеров ненасыщенных жирных кислот. Ее снижение возможно путем введения в жировую фракцию изделий 20...30 % лауриновой кислоты.

Кристаллическая структура кондитерских жиров, входящих в начинки конфет, оказывает значительное влияние на скорость миграции жидкой жировой фазы в глазурь. Наименьшая соответствовала жирам в β -полиморфной форме с примесью не более 3 % кристаллов в β' -полиморфной форме. [3]

Известно, что скорость миграции в образцах масла какао и его эквивалентов при температуре до 30°C минимальная, при повышении до 33°C она возрастает до 7 %. Наибольшую стойкость к «поседению» кондитерских изделий обеспечивают глазури и пралиновые начинки на основе масла какао или его эквивалентов с определенным соотношением триглицеридов POP/PLS и POS/SLS – от 0,5 до 1,4. [2–4]

Пралиновые массы и массы типа пралине относятся к дисперсным структурированным системам. При температуре выше плавления смеси жиров, характеризующих дисперсионную среду, массы пралине имеют коагуляционную структуру, при температуре ниже их застывания – кристаллизационную.

Несмотря на большое количество исследований отсутствуют четкие представления о закономерностях влияния различных факторов на скорость миграции жира, а вопрос предотвращения жирового «поседения» изделий остается актуальным для кондитерской отрасли.

Цель работы – выявить влияние температуры на скорость миграции жиров в кондитерских изделиях, в том числе состоящих из нескольких полуфабрикатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследований – глазированные конфеты, изготовленные на основе массы типа пралине, содержащей 21 % арахиса и 11 % масла какао. Массовая доля влаги – 1,0 %, жира в корпусе – 22 ± 2 %, в глазури – 32 % (соотношение 25:75).

Образцы (16,0 ± 0,5 г) находились в климатической камере «Climacell 404» (Чехия) при температуре 18 и 27°C, относительной влажности окружающего воздуха 40 %.

Жирнокислотный состав определяли по ГОСТ Р 54686–2011 – на хроматографе GC-2010 (Shimadzu, Япония) с пламенно-индукционным детектором, массовую долю твердых триглицеридов – ГОСТ 31757–2012.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование миграции жиров между отдельными частями изделия в процессе хранения необходимо для определения оптимального срока годности кондитерских изделий. Выявленные закономерности позволяют обосновать дополнительные требования к химическому составу сырья для уменьшения скорости миграции жиров. Масса типа пралине и глазурь различаются составом жирных кислот (табл. 1).

Массовая доля твердого жира при различных температурах – важнейшая характеристика при оценке скорости миграции. Поскольку жиры с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот имеют низкую температуру плавления и находятся в виде жидкости при температуре хранения образцов, то для прогнозирования скорости миграции можно использовать фактор повышения температуры хранения.

Твердого жира в корпусах модельных образцов при температуре хранения 18°C – 10,1 %, 27°C – практически нет. Массовая доля твердого жира жировой фракции арахиса при температуре 18°C – 26,9 %.

Жиры, находящиеся в орехах, характеризуются высоким содержанием ненасыщенных линолевой и

Таблица 1.

Состав основных жирных кислот частей модельного образца

Кислота	Обозначение	Содержание жирных кислот, %	
		масса типа пралине на основе арахиса	глазурь
Пальмитиновая	16:0	14,3	24,1
Маргариновая	17:0	0,2	–
Стеариновая	18:0	20,4	29,4
Олеиновая	18:1	57,0	35,5
Линолевая	18:2	4,0	3,2
Арахиновая	20:0	1,8	–

олеиновой кислот, с низкой температурой плавления. Небольшая массовая доля твердого жира обусловлена жирнокислотным составом и образованием эвтектических смесей с маслом какао. Олеиновая и линолевая жирные кислоты – «индикаторы» миграции жира в составе жировой фракции частей изделия. Жидкого жира в корпусах образцов при температуре хранения 18°C – 89,9 %, 27°C – 100 %.

Температура – основной фактор, влияющий на скорость миграции жиров.

Выявлены изменения жирнокислотного состава жировой фракции на поверхности глазури (0,1...0,2 мм), в средней пробе глазури, корпуса около глазури (0,1...0,5 мм), средней пробы корпуса при разной температуре хранения образцов (рис. 1, 4-я стр. обл.).

Массовая доля линолевой кислоты на поверхности глазури за восемь недель хранения при температуре 18°C уменьшилась с 3,21 до 2,79 %, 27°C – с 3,21 до 2,42 %. Состав жирных кислот средней пробы практически не изменился.

Максимальная температура хранения модельных образцов при которой форма корпусов сохранялась – 27°C.

Количество продиффундировавшего жира пропорционально изменению содержания линолевой и олеиновой жирных кислот. Удельная скорость влагопереноса F может быть использована для прогнозирования скорости миграции жира в кондитерских изделиях и определяется по формуле (3).

Изменение состава поверхности в процессе хранения модельных образцов при температуре 27°C привело к появлению кристаллов жира – «поседению» поверхности. Различие химического состава глазури обусловило ее размягчение на границе с корпусом изделия.

Аналогичные результаты получены для других жирных кислот, например, массовая доля олеиновой кислоты также может быть использована в качестве ин-

Таблица 2.

Удельная скорость миграции жира на поверхность образцов глазированных конфет

Индикатор миграции	Удельная скорость миграции жира при различной температуре хранения, г/м ² ·с, ×103		
	18°C	27°C	K*
Линолевая кислота	2,74	4,72	1,68
Олеиновая кислота	19,4	32,6	1,72

Примечание. *Коэффициент изменения скорости миграции.

дикатора миграции жира между отдельными частями многокомпонентных кондитерских изделий (рис. 2, 4-я стр. обл.).

Массовая доля олеиновой кислоты в составе жировой фракции поверхности глазури за восемь недель хранения при температуре 18°C уменьшилась с 35,5 до 32,3 %, 27°C – до 30,1 %.

С учетом размера модельных образцов рассчитали удельную скорость миграции жира (табл. 2).

Таким образом, при увеличении температуры хранения модельных образцов глазированных конфет скорость миграции жира увеличилась в 1,7 раза.

Методология комплексной оценки, включающая в себя определение физико-химических показателей качества при хранении, закономерности процессов миграции жира и микробиологических изменений, позволит обосновывать требования к параметрам технологии и рецептурному составу глазированных сахаристых кондитерских изделий с заданным сроком годности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Павлова, И.В. Исследование влияния жирнокислотного состава кондитерских жиров для начинок конфет на скорость миграции жидкой жировой фазы / И.В. Павлова, М.Б. Коблицкая // Вестник ВНИИЖ. – 2016. – № 1–2. – С. 23–25.
2. Павлова, И.В. Исследование влияния масел орехов на скорость миграции жидкой жировой фазы кондитерских жиров / И.В. Павлова, М.Б. Коблицкая // Вестник ВНИИЖ. – 2018. – № 2. – С. 28–31.
3. Delbaere, C. Relationship between chocolate microstructure, oil migration and bloom in filled chocolates / C. Delbaere, D. Van de Walle, F. Depypere et al. // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2016. – V. 118. – № 12. – P. 1800–1826.
4. Zhao, H. Fat bloom formation on model chocolate stored under steady and cycling temperatures / H. Zhao, B.J. James // Journal of Food Engineering. – 2018. – V. 249. – № 249. – P. 9–14.
5. Zhukov, V.G. Concept and calculation of the limit transverse size of capillaries / V.G. Zhukov, N.D. Lukin // Food systems. – 2020. – V. 3. – № 2. – P. 4–8.

LIST OF SOURCES

1. Pavlova, I.V. Study of the influence of fatty acid composition of confectionery fats for candy fillings on the migration rate of the liquid fat phase / I.V. Pavlova, M.B. Koblitskaya // Bulletin of VNIIZh. – 2016. – No. 1–2. – S. 23–25.
2. Pavlova, I.V. Study of the influence of nut oils on the migration rate of the liquid fatty phase of confectionery fats / I.V. Pavlova, M.B. Koblitskaya // Bulletin of VNIIZh. – 2018. – No. 2. – P. 28–31.
3. Delbaere, C. Relationship between chocolate microstructure, oil migration and bloom in filled chocolates / C. Delbaere, D. Van de Walle, F. Depypere et al. // European Journal of Lipid Science and Technology. – 2016. – V. 118. – No. 12. – P. 1800–1826.
4. Zhao H. Fat bloom formation on model chocolate stored under steady and cycling temperatures / H. Zhao, B.J. James // Journal of Food Engineering. – 2018. – V. 249. – No. 249. – P. 9–14.
5. Zhukov, V.G. Concept and calculation of the limit transverse size of capillaries / V.G. Zhukov, N.D. Lukin // Food systems. – 2020. – V. 3. – No. 2. – P. 4–8.