

УДК 664.681

**ВЛИЯНИЕ САХАРОЗЫ И ФРУКТОЗЫ НА КИНЕТИКУ ОКИСЛЕНИЯ ЖИРОВ ПРИ
ХРАНЕНИИ МАФФИНОВ**

**МАФФИНДЕРДІ САҚТАУДАҒЫ МАЙЛАРДЫҢ ТОТЫҒУ КИНЕТИКАСЫНА
САХАРОЗА ЖӘНЕ ФРУКТОЗАНЫҢ ӘСЕРІ**

**INFLUENCE OF SUCROSE AND FRUCTOSE ON THE KINETICS OF OXIDATION
OF FATS IN STORAGE MUFFIN**

A.H. ДОРОХОВИЧ, Н.П. ЛАЗОРЕНКО
A.N. DORONOVICH, N.P. LAZARENKO

(Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина)
(Ұлттық тағам технологиясы университеті, Киев қаласы, Украина)
(National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine)
E-mail: Lazarenko03@rambler.ru

Статья посвящена исследованию влияния сахарозы и фруктозы на кинетику окисления жиров в процессе термической обработки и при хранении маффинов. Определены жирнокислотный состав липидов теста и готовых маффинов, изготовленных на подсолнечном и кукурузном масле, а также изменения кислотного и перекисного числа в процессе хранения маффинов. Установлено, что фруктоза способствует замедлению процесса окисления жиров, и это дает возможность значительного увеличения сроков хранения маффинов.

Мақала термиялық өңдеу үдерісіндегі және маффиндерді сақтаудағы майлардың тотығу кинетикасына сахароза мен фруктозаның әсерін зерттеуге арналған. Күнбағыс және жүгері майында дайындалған, қамыр липидтерінің және дайын маффиндердің майқышқылды құрамы, сонымен бірге маффиндерді сақтау үдерісіндегі қышқылдық және тотық санының өзгеруі анықталған. Фруктозаның майлардың тотығу үдерісін баяулататыны дәлелденген, бұл маффиндерді сақтау мерзімін едәуір ұзартуға мүмкіндік береді.

The article investigates the influence of sucrose and fructose on the kinetics of oxidation of fats in the process of heat treatment and storage muffin. Defined fatty acid composition of lipids of test and muffins, made with sunflower and corn oil, as well as changes acid and peroxide value the pattern during storage muffin. Installed a retention period muffin. It has been established that, fructose contributes to slowing down the process of fat oxidation and it gives the opportunity to significantly increase the shelf life of muffins.

Ключевые слова: маффин, фруктоза, сахарный диабет, жирнокислотный состав, срок хранения.

Негізгі сөздер: маффин, фруктоза, қант диабеті, майқышқылды құрам, сақтау мерзімі.

Key words: muffin, fructose, diabetes, fatty acid composition, retention period.

Введение

Маффины – мучные кондитерские изделия, которые пользуются большим спросом у всех возрастных групп населения и их спрос с каждым годом увеличивается. Маффины уверенно вытесняют традиционный кекс с рынка пищевых продуктов, потому что маффин в отличие от кексов можно назвать продуктом оздоровительной направленности, то есть

функциональным пищевым продуктом. В состав маффина входят растительные масла, являющиеся носителями физиологически функциональных сырьевых ингредиентов – полиненасыщенных жирных кислот. В составе традиционных кексов жирной основой является маргарин, в состав которого входят транс-изомеры насыщенных жирных кислот.

Статистика показывает резкое увеличение больных сахарным диабетом. В некоторых странах Европы число больных превышает 8% от общей численности. Это указывает на то, что необходимо разрабатывать пищевые продукты, которые можно употреблять больным сахарным диабетом (это относится и к маффинам). Больным сахарным диабетом рекомендовано употреблять пищевые продукты с низким гликемическим индексом (ГИ). ГИ фруктозы составляет 20%, сахарозы 68%, если в качестве эталона взята глюкоза (ГИ=100%).

В рецептурный состав большинства маффинов входит до 18-20% растительных масел, в которых содержится до 50% полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Известно, что растительные масла с большим содержанием ПНЖК нестойкие при хранении, они быстро окисляются, в них накапливаются перекиси, альдегиды и кетоны. Известно, что моносахарид фруктоза очень реактивный сахарид, легко вступает в взаимодействие с аминокислотами, с жирными кислотами. Разрабатывая технологии и рецептуры маффинов на фруктозе, необходимо было установить, какое влияние окажет фруктоза на кинетику окисления жиров при хранении маффинов, т.е. как фруктоза повлияет на гарантийные сроки хранения, что и было целью наших исследований.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований избраны образцы маффинов, изготовленные на подсолнечном, кукурузном масле, сахарозе и фруктозе. Жирнокислотный состав липидов определяли методом газохроматографического анализа [1,2]. Степень окислительной порчи жиров устанавливали по изменению кислотного числа, величине перекисного числа (ПЧ) [3,4]. ПЧ определяли в миллимолях активного кислорода на 1 кг исследуемого продукта. Для этого навеску жирового продукта растворяли в смеси хлороформа и уксусной кислоты в соотношении 1:2, добавляли 1 мл 50%-го водного раствора йодида калия и титровали после настаивания (20 мин.) 0,01 н раствором тиосульфата натрия.

Результаты и их обсуждение

Из литературных источников известно [5], что окисление жиров сильно зависит от жирнокислотного состава растительных масел. Полиненасыщенные кислоты имеют повышенную реакционную способность, легко окисляются кислородом воздуха, поэтому скорее окисляются масла с большим содержанием ненасыщенных жирных кислот. Так как в рецептурный состав исследуемых нами маффинов входят подсолнечное, и кукурузное масло, был определен их жирнокислотный состав. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Жирнокислотный состав подсолнечного и кукурузного масел

Жирные кислоты	Содержание в подсолнечном масле, %		Содержание в кукурузном масле, %	
	Типовой жирнокислотный состав масла	Исследуемое растительное масло	Типовой жирнокислотный состав масла	Исследуемое растительное масло
1	2	3	4	5
Насыщенные жирные кислоты				
Миристиновая C _{14:0}	<0,5	0,07	<0,3	0,069
Пальмитиновая C _{16:0}	3,0-10,0	5,89	9,0-14,0	6,83
Стеариновая C _{18:0}	1,0-10,0	3,27	0,5-4,0	2,99
Арахидиновая C _{20:0}	<1,5	0,23	<0,1	0,3
Бегеновая C _{22:0}	<1,0	0,69	<0,5	0,55
Лигноцериновая C _{24:0}	<0,5	0,26	<0,5	0,26
НЖК (всего)		9,37		10,99
Мононенасыщенные жирные кислоты				
Пальмитолеиновая C _{16:1}	<1,0	0,1	<0,5	0,11
Олеиновая C _{18:1}	14,0-35,0	31,1	24,0-42,0	30,66
Гадолеиновая C _{20:1}	<0,5	0,14	<0,5	0,17
Еруковая C _{22:1}	<0,5	0,69		0,55
Низиновая C _{24:1}	<0,5	0,26		0,26
МНЖК (всего)		32,29		31,75

Полиненасыщенные жирные кислоты				
Линолевая (ω -6) C _{18:2}	55,0-75,0	58,12	32,0-62,0	57,78
Линоленовая (ω -3) C _{18:3}	<0,3	0,057	<2,0	0,27
ПНЖК (Всего)		58,17		58,05
Соотношение ПНЖК: МНДК: НЖК		58:33:9		58:31:11

Анализ жирнокислотного состава подсолнечного и кукурузного масел показывает низкое содержание линоленовой кислоты, проявляющей свойства стабильности при окислении. Кроме того, если проходит окисление в маслах с высоким содержанием линоленовой кислоты, то потеря вкусовых качеств не достигает порогового значения. Результаты исследований показали, что подсолнечное и кукурузное масла имеют практически одинаковое количество полиненасыщенных жирных кислот, соответственно 58,17 и 58,05.

Технология маффинов предусматривает термообработку тестовых заготовок – процесс выпечки, который проходит при $t=180^{\circ}\text{C}$ в течение 25 мин. Безусловно, выпечка маффинов будет оказывать влияние на состояние липидного комплекса. Для установления влияния сахарозы и фруктозы на изменение липидного комплекса в процессе выпекания маффинов был определен жирнокислотный состав теста и готовых маффинов. Маффины выпекали и после охлаждения определили жирнокислотный состав в готовом продукте (табл. 2).

Таблица 2 - Жирнокислотный состав липидов маффинов, изготовленных на подсолнечном и кукурузном масле

Жирные кислоты	Жирнокислотный состав липидов маффинов, %, изготовленных на:					
	подсолнечном масле			кукурузном масле		
	тесто	маффин на сахаре	маффин на фруктозе	тесто	маффин на сахаре	маффин на фруктозе
1	2	3	4	5	6	7
Насыщенные жирные кислоты						
Миристиновая C _{14:0}	0,09	0,1	0,1	0,07	0,13	0,11
Пальмитиновая C _{16:0}	8,62	10,48	11,2	9,32	11,62	12,3
Маргариновая C _{17:0}	0,05	0,07	0,08	-	-	0,08
Стеариновая C _{18:0}	5,84	9,73	11,27	5,7	8,43	10,2
Арахидиновая C _{20:0}	0,23	0,27	0,28	0,4	0,3	0,32
Бегеновая C _{22:0}	0,62	0,57	0,55	0,55	0,44	0,47
Лигноцериновая C _{24:0}	0,26	0,22	0,22	0,26	0,2	0,22
НЖК (всего)	15,71	21,44	23,8	16,3	21,12	23,7
Мононенасыщенные жирные кислоты						
Пальмитолеиновая C _{16:1}	0,1	0,2	0,25	0,11	0,25	0,22
Олеиновая C _{18:1}	29,1	28,17	27,7	28,6	28,38	28,4
Олеиновая C _{18:1(транс)}		0,05	0,07	-	0,07	0,07
Гадолеиновая C _{20:1}	0,14	0,13	0,13	0,15	0,15	0,15
Еруковая C _{22:1}	0,49	-	-	0,52	-	-
Низиновая C _{24:1}	0,26	-	-	0,26	-	-
МНЖК(всего)	30,09	28,55	28,15	29,64	28,85	28,84
Полиненасыщенные жирные кислоты						
Линолевая(ω -6)C _{18:2}	54,22	49,76	47,88	53,84	49,74	47,01
Линоленовая(ω -3)C _{18:3}	0,047	0,11	0,13	0,22	0,28	0,24
Арахидоновая(ω -6)C _{20:4}	-	0,1	0,15	-	-	0,12
ПНЖК	54,27	49,97	48,16	54,06	50,02	47,37

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что в процессе выпечки происходят изменения жирнокислотного состава – увеличивается содержание НЖК и уменьшается содержание МНЖК и ПНЖК. У

маффинов, изготовленных на фруктозе, происходит преобразование жирнокислотного состава более интенсивно. Результаты изменений представлены в табл. 3.

Таблица 3 - Изменение жирнокислотного состава в процессе выпечки маффинов

Маффины	Изменение жирнокислотного состава, %					
	У маффинов на подсолнечном масле			У маффинов на кукурузном масле		
	ПНЖК	МНЖК	НЖК	ПНЖК	МНЖК	НЖК
На сахаре	- 7,92	- 5,1	+ 36,4	- 7,47	- 2,66	+ 29,6
На фруктозе	- 11,25	- 6,45	+ 51,4	- 12,37	- 2,7	+ 45,4

Полиненасыщенные жирные кислоты - наиболее реакционно способные до процесса окисления. Уменьшение их содержания в маффинах в процессе выпечки будет способствовать замедлению процесса окисления жиров; фруктоза, как показали исследования, способствует более интенсивной перестройке ПНЖК в НЖК, как у маффинов на подсолнечном, так и на кукурузном масле. Это позволило прогнозировать замедление процесса окисления жиров при хранении маффинов, т.е. возможность увеличения срока хранения

маффинов на фруктозе. Для подтверждения прогноза, были проведены исследования по установлению изменений кислотного и перекисного чисел при хранении маффинов. На рисунке 1 (а,б) представлено изменение кислотного числа маффинов, изготовленных на подсолнечном и кукурузном масле, на сахаре и фруктозе. Перед началом исследований все образцы маффинов были хорошо упакованы в вощеную бумагу. Сохраняли их при $t=18^{\circ}\text{C}$, и относительной влажности воздуха $\varphi=70-75\%$.

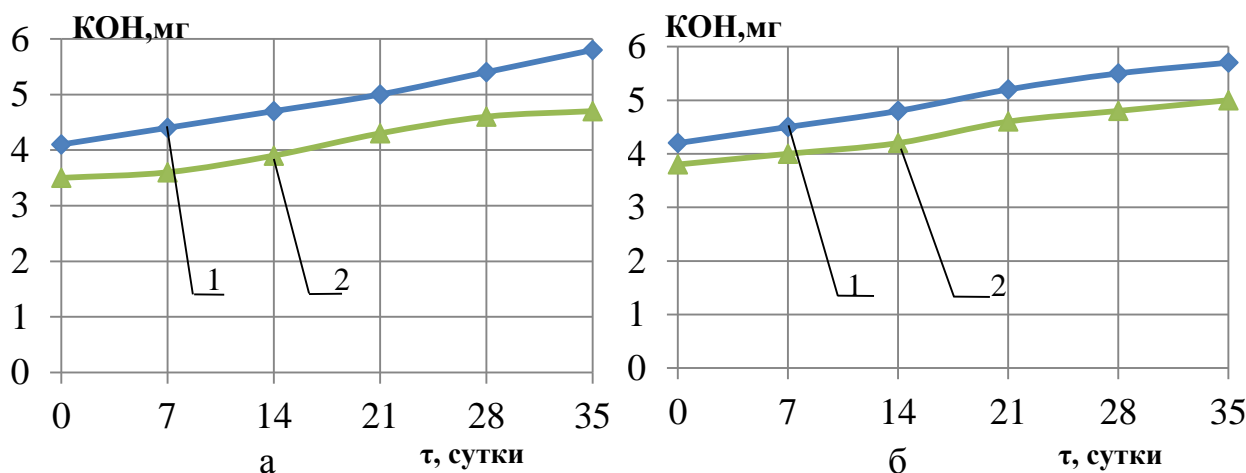


Рисунок 1 - Изменение кислотного числа маффинов, изготовленных на:
а - подсолнечном масле, в - кукурузном масле, 1 - сахаре белом; 2 – фруктозе.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что при хранении маффинов наблюдается увеличение кислотного числа. Установлено, что первоначальное содержание свободных кислот у маффинов на фруктозе меньше, чем у маффинов на сахарозе, как у изготовленных на подсолнечном масле, так и на кукурузном. Через 35 дней хранения кислотное число у маффинов на фруктозе, подсолнечном и кукурузном масле увеличилось соответственно на 1,1 и 1,3%, на сахаре на 1,8 и 1,5%. Кислотное число маффинов, на наш взгляд, повышается за счет действия молеку-

лярного кислорода. Наиболее легко при этом окисляются жиры, которые имеют большое количество ненасыщенных жирных кислот.

Однако, свободные жирные кислоты не вызывают ощущение прогорклости жира. Более характерным показателем степени порчи жира является перекисное число (ПЧ). Поэтому нами проведены исследования по установлению изменения перекисного числа при хранении маффинов, изготовленных на подсолнечном и кукурузном масле на сахаре и фруктозе. Результаты исследований представлены на рис. 2.

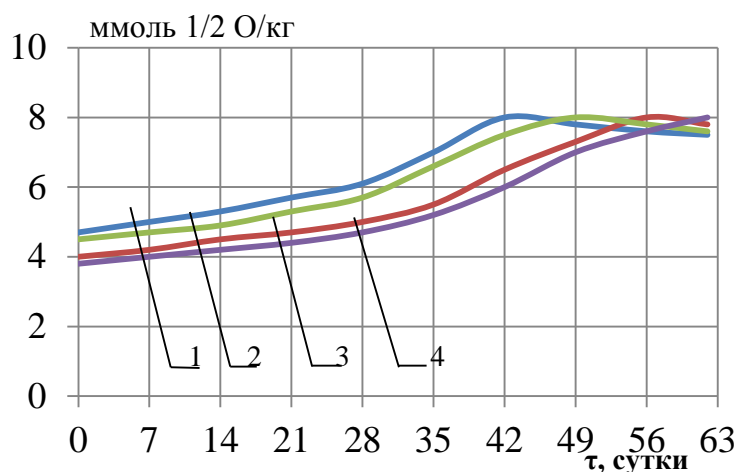


Рисунок 2 - Изменение перекисного числа маффинов, изготовленных на:
 1—сахаре и подсолнечном масле; 2—на сахаре и кукурузном масле;
 3—на фруктозе и подсолнечном масле; 4—на фруктозе и кукурузном масле.

Анализ данных показывает, что в начале хранения ($\tau=0$ суток) перекисное число у образцов маффинов на фруктозе практически на 20% меньше, чем у маффинов на сахарозе. Кроме того, отмечено, что при хранении маффинов на фруктозе в течение 7 суток не отмечалось увеличение перекисного числа. В то время как у маффинов на сахаре и подсолнечном масле увеличивается перекисное число от 5,5 до 6,0 ммоль 1/2O/кг, соответственно у маффинов на кукурузном масле 5,7 до 6,0%.

У маффинов на сахаре и на подсолнечном масле отмечено снижение перекисного числа после 28 суток хранения, на кукурузном масле через 35 суток. Снижение перекисного числа объясняется появлением вторичных продуктов окисления жиров - альдегидов и кетонов.

Установлено, что показатель перекисного числа, который характеризует гарантийные сроки при хранении мучных кондитерских изделий, не должен превышать 8,0 ммоль 1/2O/кг [6]. Этого значения показатель при хранении маффинов на сахаре, подсолнечном и кукурузном масле достигает соответственно через 42 и 49 суток, у маффинов на фруктозе - через 56 и 62 суток. Полученные данные свидетельствуют о том, что срок хранения маффинов на фруктозе может быть увеличен на 10% относительно маффинов на сахаре.

Замедление накопления перекисных соединений в образцах на фруктозе мы объясняем антиокислительной активностью меланоидинов, которые образуются за счет реакции Майяра. Реакция Майяра – это про-

цесс взаимодействия редуцирующих сахаров с аминокислотами. Известно, что фруктоза обладает редуцирующей способностью, в отличие от сахарозы. То есть способна более активно вступать в реакцию Майяра, что ведет к образованию меланоидинов. Также о наличии меланоидинов у маффинов на фруктозе свидетельствует интенсивная окраска мякиша.

Заключение, выводы

Проведённые исследования показали, что фруктоза, которая входит в рецептурный состав маффинов в качестве заменителя сахара (сахара белого кристаллического) способствует замедлению процесса окисления жиров, что дает возможность значительно увеличить сроки хранения маффинов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 30418-96 «Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава».
2. ГОСТ Р 54686-2011 «Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли насыщенных жирных кислот».
3. ДСТУ ISO 3960-2001 «Жиры и масла животные и растительные. Определение перекисного числа (ISO 3960:1998, ИДТ)».
4. ДСТУ 4570:2006 Жири рослинні та олії. Метод визначання перекисного числа.– К., 2007. – 10 с.
5. Химия жиров /Под ред. Б.Н.Тютюнникова, - М.: Колос, 1992. - 448 с.
6. Олексієнко Н. В. Прогнозування та встановлення гарантійних термінів зберігання борошнених кондитерських виробів : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Олексієнко Наталія Валентинівна. – К. : УДУХТ, 2000. – 159 с.