

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА И ТРИГЛИЦЕРИДНОГО ПРОФИЛЯ С ПРОЦЕССОМ ПРОТЕКАНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ПОРЧИ МОЛОЧНОГО ЖИРА

Н.А. ЖИЖИН

(ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
молочной промышленности»)

Рассмотрено влияние времени и условий хранения на жирнокислотный состав и состав триглицеридов молочного жира. Для этого образцы жировой фазы коммерческого образца масла хранились в условиях холодильной камеры при температуре 3 ± 2 °C и при повышенной температуре $60 \pm 0,1$ °C для создания условий ускоренного старения. Также для определения индукционного периода и оценки глубин, и скорости протекания процесса окисления жировой фазы измерялся показатель «Перекисное число». В результате проведенного исследования установлено, что в процессе хранения в условиях как холодильной камеры, так и повышенной температуры, наиболее сильным изменениям были подвержены жирные кислоты состава $C_{4:0}$, $C_{18:0}$, $C_{18:1}$ и $C_{18:2}$. При тех же условиях состав триглицеридов изменяется равномерно, свидетельствуя о протекании окислительной порчи липидов.

Выявлено, что изменения жирнокислотного состава и состава триглицеридов коррелируют с показателем окислительных процессов «Перекисное число».

Полученные данные можно использовать для построения модельных систем по изучению скорости окисления жировой фазы молочной продукции и оценке ее хранимоспособности.

Ключевые слова: жирнокислотный состав, триглицеридный состав, окислительная порча, индукционный период.

Введение

Использование температурной обработки молочного сырья является неотъемлемой частью технологического процесса производства молочной продукции. Для производства коммерчески стерильной продукции молочное сырье подвергают воздействию высокой температуры в течение короткого времени [1].

Воздействие термической обработки приводит к активации биохимического процесса окислительной порчи жировой фазы – липолизу [2]. Окисление липидов – одна из основных причин порчи молочной продукции, которая не только снижает пищевую ценность, но и оказывает негативное влияние на органолептические показатели выработанной молочной продукции. Научные данные показывают, в том числе, что продукты окисления жировой фазы могут способствовать развитию рака и сердечно-сосудистых заболеваний [3].

Основными составляющими липидов являются жирные кислоты (ЖК) и триглицериды (ТГ). Скорость окисления липидов зависит, в том числе, от жирнокислотного состава. В молочном жире на данный момент описано более 400 жирных

кислот, из которых около 70% – это насыщенные, 25% – мононенасыщенные, 5% – полиненасыщенные [4].

Подверженность окислению у жирных кислот различна. Наиболее склонны к процессу окисления ненасыщенные жирные кислоты и короткоцепочечные насыщенные ЖК ($C_{4:0}$ - $C_{10:0}$). Высокомолекулярные жирные кислоты более устойчивы к воздействию окислителей. Модельные эксперименты по воздействию окислительной порчи на различные жирные кислоты установили, что чем больше в составе молекулы содержится двойных связей, тем быстрее протекает окисление [5, 6].

Современные понятия о механизмах протекания окислительных процессов в жировой фазе основаны на теории Баха-Зиглера, согласно которой первыми продуктами окисления жиров являются перекиси. Окисление липидов относится к классу развивающихся цепных реакций за счет того, что перекиси стимулируют окисление других молекул через образование свободных радикалов. В свою очередь, образовавшиеся свободные радикалы, реагируя с новыми молекулами жирной кислоты, отрывая от нее атом водорода, превращаются в гидроперекиси. В процессе образования гидроперекисей образуется новый свободный радикал, который вступает в реакцию и возобновляет цепь окисления жировой фазы [7].

Содержание перекисей в жирах оценивают посредством измерения показателя «Перекисное число», по значению которого можно судить о начале и глубине процесса окисления жировой фазы [8]. В жирах, не подвергшихся окислительным процессам, перекиси отсутствуют. Период, в течение которого химические процессы в жировой фазе характеризуются адсорбцией кислорода до момента образования перекисей и гидроперекисей, называется индукционным [9]. По прохождению индукционного периода наблюдается прогрессивное увеличение продуктов окисления липидов, приводящее к гидролитической порче жиров. В связи с этим исследование процессов окисления липидов в продукции переработки молока, особенно продуктов длительного хранения, является актуальной и важной задачей для оценки необратимых процессов, происходящих в жировой фазе.

Практическая значимость заключается в том, что полученные данные можно использовать для построения модельных систем по оценке хранимостпособности молочной продукции.

Новизна исследования состоит в установленной зависимости окислительной порчи жирнокислотного состава и триглицеридного профиля молочного жира при хранении молочного продукта.

Целью исследований явилось изучение изменений жирнокислотного состава и триглицеридного профиля в процессе хранения молочной продукции, прошедшей термическую обработку в условиях ускоренного старения. Полученные данные были сопоставлены с полученными значениями перекисных чисел для установления корреляции между составом ЖК, ТГ и индукционным периодом окислительной порчи молочного жира.

Материалы и методы исследований

В качестве объекта исследования использован коммерческий образец сливочного масла со сроком хранения 30 сут. Жировая фаза анализируемого образца была подразделена на две части. Первая часть хранилась при температуре 3 ± 2 °C, вторая часть была подвергнута ускоренному старению посредством хранения в термостате при температуре $60 \pm 0,1$ °C.

Анализ жирнокислотного состава и профиля триглицеридов молочного жира производили посредством газового хроматографа «Кристаллюкс 4000М».

Разделение жирных кислот достигнуто на капиллярной колонке длиной 100 м и внутренним диаметром 0,25 мм. Неподвижная фаза FFAP имела толщину 0,2 мм. В качестве

газа носителя использовался водород. Градиент температур: T_1 колонки – 100 °С (выдержка – 5 мин); T_2 –165 °С со скоростью 15 гр/мин; T_3 –240 °С со скоростью 2 гр/мин; температура испарения – 250 °С; температура детектора – 240 °С; объем вводимой пробы – 1 мкл. Определение ЖК проводилось посредством пламенно-ионизационного детектора (ПИД).

Исследование профиля ТГ проводилось на газовом хроматографе «Кристаллюкс 4000М», исполнение 2, позволяющем проводить высокотемпературный анализ до 400 °С. Разделение ТГ состава C_{24} – C_{54} получено посредством капиллярной колонки с неподвижной фазой 65% фенилметилсиликон толщиной 0,25 мкм. Длина колонки – 30 м, внутренний диаметр – 0,25 мм. Газ носитель – водород. Градиент температур: T_1 колонки – 120 °С; T_2 –360 °С со скоростью 5 гр/мин; температура испарения – 320 °С; температура детектора – 370 °С; объем вводимой пробы – 1 мкл. Детектирование проводили посредством ПИД.

Обработка результатов хроматографического анализа проводилась в программно-аппаратном комплексе «NetChrom». Расчет состава метиловых эфиров жирных кислот и триглицеридов проводили методом внутренней нормализации.

Расчет показателя «Перекисное число» проводился согласно ГОСТ Р 51453–99. Жир молочный. Метод определения перекисного числа в безводном жире.

Результаты и их обсуждение

Исследование профиля жирных кислот жировой фазы, полученной из коммерческого образца масла, показало, что жирнокислотный состав подвержен изменениям в процессе хранения в условиях холодильной камеры при температуре 3 ± 2 °С (табл. 1).

Таблица 1

Изменение профиля жирных кислот жировой фазы масла в процессе хранения в условиях холодильной камеры

Жирные кислоты	Массовая доля ЖК в процессе хранения, 3 ± 2 °С n=3			
	Контроль	5 дней	15 дней	30 дней
$C_{4:0}$	3,70 $\pm$ 0,05	3,64 $\pm$ 0,05	3,32 $\pm$ 0,03	2,89 $\pm$ 0,08
$C_{6:0}$	2,52 $\pm$ 0,06	2,48 $\pm$ 0,07	2,35 $\pm$ 0,05	2,19 $\pm$ 0,01
$C_{8:0}$	1,41 $\pm$ 0,04	1,39 $\pm$ 0,03	1,27 $\pm$ 0,05	1,12 $\pm$ 0,03
$C_{10:0}$	2,66 $\pm$ 0,05	2,61 $\pm$ 0,03	2,53 $\pm$ 0,04	2,34 $\pm$ 0,05
$C_{12:0}$	3,11 $\pm$ 0,09	2,92 $\pm$ 0,04	2,84 $\pm$ 0,07	2,61 $\pm$ 0,07
$C_{14:0}$	10,11 $\pm$ 0,13	9,84 $\pm$ 0,05	9,68 $\pm$ 0,06	9,32 $\pm$ 0,08
$C_{16:0}$	32,38 $\pm$ 0,77	31,16 $\pm$ 0,42	31,10 $\pm$ 0,35	28,53 $\pm$ 0,60
$C_{18:0}$	11,27 $\pm$ 0,19	10,36 $\pm$ 0,18	10,11 $\pm$ 0,09	8,66 $\pm$ 0,15
$C_{18:1}$	22,69 $\pm$ 0,55	21,29 $\pm$ 0,33	19,87 $\pm$ 0,31	18,52 $\pm$ 0,13
$C_{18:2}$	3,17 $\pm$ 0,05	2,98 $\pm$ 0,12	2,33 $\pm$ 0,02	1,73 $\pm$ 0,01

Согласно полученным данным жирнокислотный состав жировой фазы анализируемого образца подвергся существенным изменениям. Выявлено снижение концентрации короткоцепочечных, среднецепочечных и длинноцепочечных жирных кислот. В процессе проведения эксперимента установлено, что массовая доля жирных кислот относительно контрольного образца значительно снижалась на 15-й день хранения. В конце срока более всего снизилась концентрация ЖК состава $C_{4:0}$, $C_{18:0}$, $C_{18:1}$ и $C_{18:2}$. Их содержание упало на 25%, 23%, 18% и 45% соответственно.

Аналогичное исследование жирнокислотного состава проведено для образца, подвергнутого ускоренному старению при повышенной температуре (табл. 2).

Таблица 2

**Изменение профиля жирных кислот жировой фазы масла
в конце срока хранения**

Жирные кислоты	Массовая доля ЖК в процессе хранения, $60 \pm 0,1^\circ\text{C}$ n=3			
	Контроль	1 день	5 дней	10 дней
$C_{4:0}$	3,70 $\pm$ 0,05	3,51 $\pm$ 0,05	3,28 $\pm$ 0,03	2,76 $\pm$ 0,08
$C_{6:0}$	2,52 $\pm$ 0,06	2,34 $\pm$ 0,07	2,26 $\pm$ 0,05	2,08 $\pm$ 0,01
$C_{8:0}$	1,41 $\pm$ 0,04	1,29 $\pm$ 0,03	1,15 $\pm$ 0,05	1,01 $\pm$ 0,03
$C_{10:0}$	2,66 $\pm$ 0,05	2,54 $\pm$ 0,03	2,42 $\pm$ 0,04	2,25 $\pm$ 0,05
$C_{12:0}$	3,11 $\pm$ 0,09	2,92 $\pm$ 0,04	2,84 $\pm$ 0,07	2,61 $\pm$ 0,07
$C_{14:0}$	10,11 $\pm$ 0,13	9,73 $\pm$ 0,05	9,55 $\pm$ 0,06	9,18 $\pm$ 0,08
$C_{16:0}$	32,38 $\pm$ 0,77	31,05 $\pm$ 0,42	30,49 $\pm$ 0,35	28,47 $\pm$ 0,60
$C_{18:0}$	11,27 $\pm$ 0,19	10,28 $\pm$ 0,18	9,94 $\pm$ 0,09	8,48 $\pm$ 0,15
$C_{18:1}$	22,69 $\pm$ 0,55	21,02 $\pm$ 0,33	19,67 $\pm$ 0,31	18,34 $\pm$ 0,13
$C_{18:2}$	3,17 $\pm$ 0,05	2,81 $\pm$ 0,12	2,26 $\pm$ 0,02	1,63 $\pm$ 0,01

При исследовании образца, хранившегося при повышенной температуре, выявлены те же закономерности в изменении профиля жирных кислот, что и в образце, хранившемся в холодильной камере. Значения жирнокислотного состава, характерные для образца, хранившегося при температуре $3 \pm 2^\circ\text{C}$, были получены уже на 10-й день хранения в условиях температурного режима $60 \pm 0,1^\circ\text{C}$. В связи с этим можно сделать вывод о том, что скорость окисления жировой фазы увеличилась в три раза.

Физико-химические и функциональные свойства молочного жира в значительной степени определяются составом триглицеридов, который имеет большое значение для качества и стабильности молочных продуктов при хранении. Влияние различных факторов на жирнокислотный состав – таких, как сезонность, рацион кормления животных и т.д., описывается во многих научных работах. При этом вопрос об изменении триглицеридного состава под влиянием различных факторов мало освещен и требует более детального изучения.

Для выявления возможного воздействия условий и срока хранения молочной продукции на состав триглицеридов молочного жира в образцах, хранившихся

в холодильной камере и при повышенной температуре, был проведен анализ состава ТАГ (табл. 3, 4).

Так же, как и в случае с жирнокислотным составом, триглицеридный профиль жировой фазы исследуемого образца претерпел существенные изменения. В целом было отмечено общее снижение массовой доли триглицеридов от 2 до 30%. Наиболее сильное изменение концентрации наблюдается у ТАГ состава C_{24-28} . Однако в связи с низким содержанием этих триглицеридов в составе молочного жира использование их в качестве индикаторов окислительного процесса нецелесообразно. В случае остальных триглицеридов изменения достаточно равномерны и указывают на общее изменение триглицеридного профиля, связанного с процессом окисления жировой фазы, ведущего к разрушению ТАГ и продуцированию свободных жирных кислот.

Таблица 3

**Изменение профиля ТАГ жировой фазы масла в процессе хранения
в условиях холодильной камеры**

ТАГ	Массовая доля ТАГ в процессе хранения, $3 \pm 2^\circ\text{C}$ n=3			
	Контроль	5 дней	15 дней	30 дней
$C_{24:0}$	$0,21 \pm 0,01$	$0,15 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,02$	$0,07 \pm 0,02$
$C_{26:0}$	$0,88 \pm 0,05$	$0,80 \pm 0,03$	$0,78 \pm 0,13$	$0,63 \pm 0,08$
$C_{28:0}$	$1,28 \pm 0,08$	$1,14 \pm 0,07$	$1,11 \pm 0,19$	$0,97 \pm 0,04$
$C_{30:0}$	$1,13 \pm 0,02$	$1,11 \pm 0,03$	$1,10 \pm 0,01$	$1,05 \pm 0,02$
$C_{32:0}$	$3,90 \pm 0,06$	$3,78 \pm 0,11$	$3,74 \pm 0,05$	$3,61 \pm 0,14$
$C_{34:0}$	$6,27 \pm 0,02$	$6,23 \pm 0,05$	$6,21 \pm 0,02$	$6,16 \pm 0,04$
$C_{36:0}$	$12,34 \pm 0,12$	$12,10 \pm 0,09$	$12,06 \pm 0,08$	$11,91 \pm 0,16$
$C_{38:0}$	$14,65 \pm 0,03$	$14,48 \pm 0,07$	$14,10 \pm 0,02$	$13,87 \pm 0,06$
$C_{40:0}$	$12,64 \pm 0,45$	$12,16 \pm 0,33$	$12,09 \pm 0,56$	$11,40 \pm 0,71$
$C_{42:0}$	$7,75 \pm 0,13$	$7,20 \pm 0,16$	$7,65 \pm 0,08$	$6,97 \pm 0,03$
$C_{44:0}$	$4,53 \pm 0,18$	$4,75 \pm 0,64$	$4,71 \pm 0,73$	$3,66 \pm 0,20$
$C_{46:0}$	$5,10 \pm 0,38$	$4,60 \pm 0,28$	$4,53 \pm 0,21$	$4,17 \pm 0,07$
$C_{48:0}$	$6,61 \pm 0,19$	$6,19 \pm 0,04$	$6,14 \pm 0,08$	$5,44 \pm 0,06$
$C_{50:0}$	$8,15 \pm 0,17$	$7,54 \pm 0,02$	$7,48 \pm 0,17$	$7,12 \pm 0,22$
$C_{52:0}$	$7,64 \pm 0,21$	$6,71 \pm 0,12$	$7,60 \pm 0,09$	$7,21 \pm 0,09$
$C_{54:0}$	$4,25 \pm 0,61$	$4,23 \pm 0,16$	$4,21 \pm 0,33$	$3,50 \pm 0,31$

Анализ триглицеридного профиля образца, подвергнутого ускоренному старению посредством повышенной температуры, также показал линейную зависимость концентрации ТАГ от срока хранения. Полученные данные о зависимости жирнокислотного

и триглицеридного состава от срока и условий хранения можно использовать для оценки и прогнозирования окислительной стабильности молочного жира.

Таблица 4

**Изменение профиля ТАГ жировой фазы масла
в условиях ускоренного старения**

ТАГ	Массовая доля ТАГ в процессе хранения, 60±0,1°С n=3			
	Контроль	1 день	5 дней	10 дней
C _{24:0}	0,21 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,06 ± 0,02
C _{26:0}	0,88 ± 0,05	0,78 ± 0,03	0,75 ± 0,13	0,62 ± 0,08
C _{28:0}	1,28 ± 0,08	1,11 ± 0,07	1,10 ± 0,19	0,95 ± 0,04
C _{30:0}	1,13 ± 0,02	1,09 ± 0,03	1,08 ± 0,01	1,04 ± 0,02
C _{32:0}	3,90 ± 0,06	3,75 ± 0,11	3,71 ± 0,05	3,58 ± 0,14
C _{34:0}	6,27 ± 0,02	6,22 ± 0,05	6,19 ± 0,02	6,13 ± 0,04
C _{36:0}	12,34 ± 0,12	12,07 ± 0,09	12,03 ± 0,08	11,84 ± 0,16
C _{38:0}	14,65 ± 0,03	14,43 ± 0,07	14,30 ± 0,02	13,85 ± 0,06
C _{40:0}	12,64 ± 0,45	12,12 ± 0,33	12,09 ± 0,56	11,42 ± 0,71
C _{42:0}	7,75 ± 0,13	7,22 ± 0,16	7,64 ± 0,08	6,91 ± 0,03
C _{44:0}	4,53 ± 0,18	4,70 ± 0,64	4,67 ± 0,73	3,60 ± 0,20
C _{46:0}	5,10 ± 0,38	4,55 ± 0,28	4,48 ± 0,21	4,18 ± 0,07
C _{48:0}	6,61 ± 0,19	6,14 ± 0,04	6,11 ± 0,08	5,48 ± 0,06
C _{50:0}	8,15 ± 0,17	7,58 ± 0,02	7,46 ± 0,17	7,10 ± 0,22
C _{52:0}	7,64 ± 0,21	6,70 ± 0,12	7,62 ± 0,09	7,23 ± 0,09
C _{54:0}	4,25 ± 0,61	4,25 ± 0,16	4,16 ± 0,33	3,62 ± 0,31

Для оценки корреляции полученных данных с индукционным периодом жировой фазы молочной продукции был использован показатель окислительной порчи жиров «Перекисное число». Для получения аналитических данных применялись те же образцы, которые были использованы для оценки жирнокислотного состава и триглицеридного профиля (рис. 1, 2).

В обоих вариантах хранения наблюдалось линейное нарастание показателя «Перекисное число» в зависимости от срока хранения, что свидетельствует о протекании процесса окислительной порчи жировой фазы анализируемого образца.

Также можно отметить, что полученные данные о жирнокислотном составе и составе ТАГ коррелируют с показателем «Перекисное число» и показывают возможность использования этих показателей для оценки окислительной порчи жировой фазы молочной продукции.

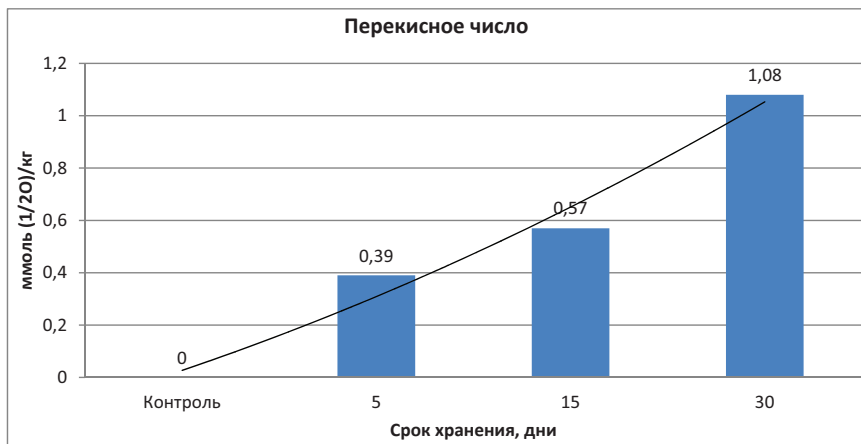


Рис. 1. Изменение содержания перекисного числа в процессе хранения в условиях холодильной камеры

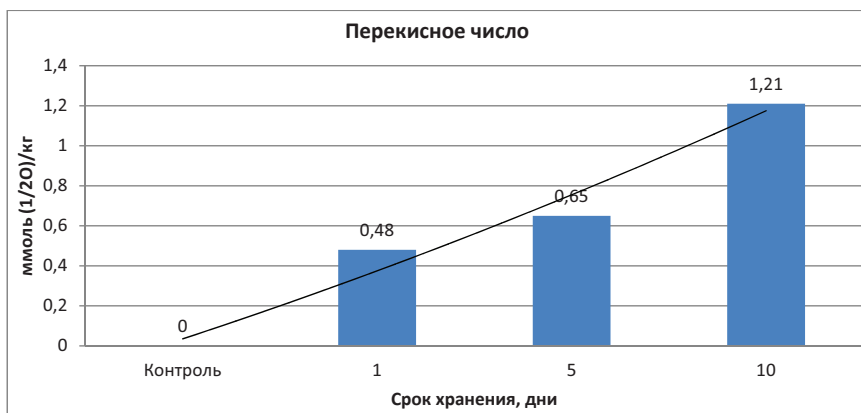


Рис. 2. Изменение содержания перекисного числа в процессе хранения в условиях ускоренного старения

Выводы

В результате проведенного исследования установлена зависимость изменения состава жирных кислот и триглицеридов в процессе хранения молочного жира.

Анализ корреляции этих данных с показателем «Перекисное число» выявил наличие прямой зависимости, которую можно использовать для оценки глубины протекания окислительной порчи молочной продукции на различных сроках хранения.

Использование методики ускоренного старения анализируемых образцов посредством повышенного температурного режима (60 °C) показало возможность применения этого способа для выявления хранимостпособности молочной продукции, в том числе продукции длительного хранения.

Библиографический список

1. *Vazquez-Landaverde P.A.* Effect of high-pressure-moderate temperature processing on the volatile profile of milk / P.A. Vazquez-Landaverde J.A. Torres, M.C. Qian // *J Agri Food Chem.* – 2006. – 54:9184–9192.

2. Deeth H.C. Lipolytic enzymes and hydrolytic rancidity in milk and milk products/H.C. Deeth, C.H. Fitz-Gerald//In P.F.fox. Advanced Dairy Chemistry. – 2003. – 2:247–308.
3. Besbes S. Heating effects on some quality characteristics of date seed oil / S. Besbes, C. Blecker, C. Deroanne, G. Lognau, N. Drira, H. Attia // Food Chem. – 2005. – 91 (3):469–476. Doi: 10.1016/j.foodchem.2004.04.037.
4. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 320 с.
5. Pestana J.M. Effects of pasteurization and ultra-high temperature processes on proximate composition and fatty acid profile in bovine milk / J.M. Pestana, A. Gennari, B.W. Monteiro, D.N. Lehn, CFV d s. // Am J Food Technol. – 2015. – 10 (6):265–272.
6. Khan I.T. Antioxidant capacity and fatty acids characterization of heat treated cow and buffalo milk / I.T. Khan, M. Nadeem, M. Imran, M. Ajmal, M. Ayaz, A. Khalique // Lipids Health Dis. – 2017. – 1–13.
7. Celestino E.L. Reconstituted UHT-treated milk effects of raw milk, powder quality and storage conditions of UHT milk on its physico-chemical attributes and flavour / E.L. Celestino, M. Iyer, H. Roginski // Inter Dairy J. – 1997. – 7:129–140.
8. ГОСТ ISO 3960–2013. Жиры и масла животные и растительные. Определение перекисного числа. – М.: Стандартиформ, 2014. – 10 с.
9. ГОСТ Р 51481–99. Жиры и масла животные и растительные. Метод определения устойчивости к окислению (метод ускоренного окисления). – М.: Стандартиформ, 2008.
10. Юрова Е.А. Оценка качества и хранимостпособности молочной продукции функциональной направленности / Е.А. Юрова, С.А. Фильчакова // Переработка молока. – 2019. – № 10. – С. 6–11.
11. Юрова Е.А. Оценка качества и безопасности молока питьевого // Молочная промышленность. – 2017. – № 2. – С. 37–39.
12. Федотова О.Б. Совершенствование методических аспектов и разработка детализированной процедуры оценки безопасности в хранении продукции сложного компонентного состава / О.Б. Федотова, О.В. Соколова // Инновационные технологии обработки и хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов: Сборник научных трудов ученых и специалистов к 90-летию ВНИИХ. – М.: Амирит, 2020. – С. 452–459.

INVESTIGATION OF THE CORRELATION OF FATTY ACID COMPOSITION AND TRIGLYCERIDE PROFILE WITH THE OXIDATIVE SPOILAGE OF MILK FAT

N.A. ZHIZHIN¹

(¹ All-Russian Dairy Industry Research Institute)

The article examines the effect of time and storage conditions on the fatty acid composition and the triglyceride composition of milk fat. For this purpose, samples of the fat phase of a commercial oil sample were stored in a refrigerating chamber at a temperature of $3 \pm 2^\circ\text{C}$ and at an elevated temperature of $60 \pm 0.1^\circ\text{C}$ to create conditions for accelerated aging. Also, to determine the induction period and assess the depth and speed of the process of fatty phase oxidation, the “peroxide number” indicator was measured. The study found out that during storage both in a refrigerating chamber and in conditions of elevated temperature, fatty acids of the composition C4:0, C18:0, C18:1 and C18:2 were subject to the most significant changes. Under the same conditions, the triglyceride composition changes uniformly, indicating the occurrence of oxidative deterioration of lipids.

The research found that changes in the fatty acid composition and the composition of triglycerides correlate with the indicator of oxidative processes – “peroxide value.”

The data obtained can be used to build model systems to study the rate of oxidation of dairy products' fat phase and assess its storage capacity.

Key words: *fatty acid composition, triglyceride composition, oxidative spoilage, induction period.*

References

1. Vazquez-Landaverde P.A, Torres J.A, Qian M.C. Effect of high-pressure-moderate temperature processing on the volatile profile of milk. *J Agri Food Chem.* 2006; 54: 9184–9192.
2. Deeth H.C, Fitz-Gerald C.H. Lipolytic enzymes and hydrolytic rancidity in milk and milk products. In P.F.fox. *Advanced Dairy Chemistry.* 2003; 2: 247–308.
3. Besbes S, Blecker C, Deroanne C, Lognay G, Drira N, Attia H. Heating effects on some quality characteristics of date seed oil. *Food Chem.* 2005; 91 (3): 469–476. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.04.037
4. Gorbatova K.K. Biokhimiya moloka i molochnykh produktov [Biochemistry of milk and dairy products]. SPb: GИORD, 2003: 320. (In Rus)
5. Pestana J.M, Gennari A, Monteiro B.W, Lehn D.N, CFV d s. Effects of pasteurization and ultra-high temperature processes on proximate composition and fatty acid profile in bovine milk. *Am J Food Technol.* 2015; 10 (6): 265–272.
6. Khan I.T, Nadeem M, Imran M, Ajmal M, Ayaz M, Khalique A. Antioxidant capacity and fatty acids characterization of heat treated cow and buffalo milk. *Lipids Health Dis.* 2017: 1–13.
7. Celestino E.L, Iyer M, Roginski H. Reconstituted UHT-treated milk effects of raw milk, powder quality and storage conditions of UHT milk on its physico-chemical attributes and flavour. *Inter Dairy J.* 1997; 7: 129–140.
8. GOST ISO 3960–2013 Zhiry i masla zhivotnye i rastitel'nye. Opreделение perекisnogo chisla [GOST ISO 3960–2013 Animal and vegetable fats and oils. Determination of the peroxide number]. M.: Standartinform. 2014: 10. (In Rus.)
9. GOST R51481–99 Zhiry i masla zhivotnye i rastitel'nye. Metod opredeleniya ustoychivosti k okisleniyu (metod uskorenного okisleniya) [GOST R51481–99 Animal and vegetable fats and oils. Method for determination of resistance to oxidation (accelerated oxidation method)]. M.: Standartinform. 2008. (In Rus.)
10. Yurova E.A., Fil'chakova S.A. Otsenka kachestva i khranimosposobnosti molochnoy produktsii funktsionalnoy napravlnosti [Assessing the quality and storability of functional dairy products]. *Pererabotka moloka.* 2019; 10: 6–11. (In Rus.)
11. Yurova E.A. Otsenka kachestva i bezopasnosti moloka pit'evogo [Assessing the quality and safety of drinking milk]. *Molochnaya promishlennost'.* 2017; 2: 37–39. (In Rus.)
12. Fedotova O.B. Sovershenstvovanie metodicheskikh aspektov i razrabotka detalizirovannoy procedury otsenki bezopasnosti v khranении produktsii slozhного komponentного sostava [Improvement of methodological aspects and development of a detailed safety assessment procedure in the storage of products of complex component composition]. *Innovatsionnye tekhnologii obrabotki i khraneniya sel'skokhozyaystvenного syr'ya i pishchevykh produktov: Sbornik nauchnykh trudov uchenykh i spetsialistov k 90-letiyu VNIИ.* Moscow: Amirit. 2020: 452–459. (In Rus.)

Жижин Николай Анатольевич, канд. техн. наук, научный сотрудник ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская, д.35; e-mail: zhizhinmoloko@mail.ru; тел.: (499) 236–44–81).

Nikolai A. Zhizhin, Ph.D (Eng.), Research Associate, All-Russian Research Institute of the Dairy Industry (35, Lyusinovskaya str., Moscow (115093, Russian Federation; phone: (499) 236–44–81; E-mail: zhizhinmoloko@mail.ru).