

УДК 665.215.031.2

## ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ ПОРЧА КИТОВЫХ ЖИРОВ И ИХ ХРАНЕНИЕ В АТМОСФЕРЕ АЗОТА

Ф. М. РЖАВСКАЯ

Пищевой китовый жир вырабатывается на китобазах из различных частей тела отдельных видов промысловых усатых китов Антарктики. Такая смесь жиров после предварительной гидрогенизации используется в жироперерабатывающей промышленности при составлении жировой основы маргарина.

Во время транспортировки китовых жиров с китобаз на береговые предприятия, а также во время хранения обычно предшествующего переработке, они подвергаются воздействию кислорода воздуха и, как правило, окисляются. Продукты окисления китовых жиров, в частности перекисные соединения, замедляют процесс гидрогенизации. Поэтому необходимо было выяснить степень окислительной порчи пищевых китовых жиров при длительном хранении.

Введение антиокислителей для предохранения от окислительной порчи жиров ухудшает их гидрогенизацию. В связи с этим нужно было установить возможные сроки хранения китовых жиров в атмосфере инертного газа.

Для наблюдения за изменениями китовых жиров в обычных условиях и в атмосфере инертного газа образцы жиров поместили в плотно закрытую стеклянную тару; 65—70% ее объема было заполнено жиром, остальной объем был занят или воздухом, или азотом. Температура хранения колебалась от 16 до 22°C. В этих условиях на протяжении 16 месяцев находились жиры, выработанные на производственных линиях китобазы «Слава» в промысловый сезон 1961/62 г. из следующих видов жиродержащего сырья:

- 1) из покровного сала китов разных видов (финвала, синего кита и горбатого кита);
- 2) из различных частей тела кита одного вида (синего): брюшины, языка и нижней челюсти; мяса и некоторых внутренностей; костей позвоночника; мясокостного сырья, переработанного на граксовой линии, т. е. после удаления основного количества жира в результате жиротопления;
- 3) из мясокостного сырья китов разных видов, переработанного на граксовой линии.

По истечении 4, 10 и 16 месяцев в средних пробах перечисленных жиров определяли: степень окисления, содержание токоферолов, состав высоконенасыщенных кислот, йодное число.

**Методы исследований.** Степень окисления жиров оценивали по значениям перекисных, тиобарбитуровых и кислотных чисел, а также содержанию оксиранового кислорода.

Тиобарбитуровое число, указывающее на количество альдегидов, реагирующих с 2-тиобарбитуровой кислотой, характеризует более глубокую стадию окисления по сравнению с перекисным числом и содержанием оксиранового кислорода. Иногда в результате окисления повышается кислотное число, что указывает на еще более глубокий процесс.

Перекисное и кислотное числа определяли стандартными методами [2], йодное — методом Гюбля. Определение эпоксидного (оксиранового) кислорода основано на реакции взаимодействия эпоксигрупп с хлористым или бромистым водородом. В нашей работе был использован метод с применением бромистого водорода [1, 16]. Реакцию с тиобарбитуровой кислотой проводили в модификации, предложенной для рыбных продуктов [14]. Результаты выражали в значении тиобарбитурового числа, представляющего собой число мг малонового альдегида в 100 г [17]. Содержание токоферолов определяли стандартным методом (ВТУ Ф—2571—52), рекомендованным для концентрата витамина Е, с незначительными изменениями для жиров рыб и морских млекопитающих.

Для определения состава высоконенасыщенных кислот применили спектрофотометрический метод [7, 11, 12] с использованием спектрофотометра СФ-4.

**Результаты исследований.** После четырех месяцев хранения в атмосфере воздуха в жирах из покровного сала значительно возросло содержание оксиранового кислорода и несколько увеличилось количество перекисей (табл. 1). Следовательно, в этот период окисление жиров усиленно развивалось на стадии образования эпоксисоединений. На следующем этапе (от 4 до 10 месяцев хранения) преобладало нарастание перекисей, которое вызвало в дальнейшем — после 16 месяцев хранения — рост эпоксисоединений и альдегидов.

Кислотное число жира финвала не изменилось, жира горбача — несколько возросло, жира синего кита — повысилось относительно больше других жиров.

При хранении жиров в атмосфере азота образование перекисей, эпоксисоединений, альдегидов и свободных кислот происходило со значительно меньшей скоростью, а также лучше сохранялись токоферолы.

После 16 месяцев хранения жиров без инертного газа меньше всего продуктов окисления было в жире финвала, в жирах синего кита и горбача находилось равное количество перекисей и эпоксисоединений; альдегидов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой, а также свободных кислот в жире синего кита обнаружено несколько больше, чем в жире горбача. Таким образом, наиболее стойким к окислению оказался жир финвала. Это можно объяснить, сопоставив характеристики неопределенности исходных жиров и содержание в них токоферолов (естественных антиокислителей) с показателями окислительной порчи жиров в конце периода их хранения. Из такого сопоставления (табл. 1 и 2) можно заключить, что относительно большая устойчивость жира из покровного сала финвала к окислению кислородом воздуха вызвана меньшей степенью его неопределенности, выраженной значением йодного числа, и присутствием меньшего количества высоконенасыщенных кислот. Жир горбача отличается от жира синего кита более высокой степенью неопределенности (см. табл. 2). Однако содержание в жире горбача боль-

шего количества токоферолов (см. табл. 1), по-видимому, обусловило несколько повышенную устойчивость его к окислительной порче.

Таблица 1

Изменения жиров из покровного сала при хранении в обычных условиях (I) и в атмосфере азота (II)

Продолжительность хранения, месяцы	Показатели жира					
	финвала		синего кита		горбатого кита	
	I	II	I	II	I	II
<b>Перекисное число</b>						
Исходный . . . . .	0,04	—	0,03	—	0,04	—
Четыре . . . . .	0,08	0,04	0,05	0,03	0,05	0,04
Десять . . . . .	0,18	0,10	0,53	0,26	0,27	0,06
Шестнадцать . . . . .	0,56	0,16	0,98	0,19	0,94	0,07
<b>Содержание окисанового кислорода, мг %</b>						
Исходный . . . . .	5,2	—	5,2	—	6,2	—
Четыре . . . . .	15,9	6,0	12,4	6,5	19,9	7,2
Десять . . . . .	6,6	4,4	5,7	2,9	7,3	5,1
Шестнадцать . . . . .	6,6	4,1	12,9	2,7	12,4	9,2
<b>Тиобарбитуровое число</b>						
Исходный . . . . .	2,2	—	2,5	—	2,8	—
Четыре . . . . .	2,5	2,2	2,8	2,5	2,4	2,4
Десять . . . . .	1,3	1,1	4,8	2,7	2,2	2,1
Шестнадцать . . . . .	3,9	3,0	8,3	3,1	6,5	2,7
<b>Кислотное число</b>						
Исходный . . . . .	0,4	—	0,7	—	0,5	—
Четыре . . . . .	0,4	0,4	0,7	0,7	0,6	0,5
Десять . . . . .	0,5	0,4	1,1	0,9	0,7	0,7
Шестнадцать . . . . .	0,5	0,4	1,9	0,9	0,9	0,7
<b>Содержание токоферолов, мг %</b>						
Исходный . . . . .	24,4	—	16,6	—	25,7	—
Четыре . . . . .	12,2	23,0	16,2	15,7	16,8	20,3
Десять . . . . .	10,2	16,3	6,4	13,7	11,4	16,8
Шестнадцать . . . . .	Нет	5,0	2,7	6,8	4,4	6,9

В результате хранения в принятых нами условиях в течение 16 месяцев состав высоконенасыщенных кислот в жирах из покровного сала финвала почти не изменился (табл. 2). В жирах горбатого и синего кита отмечен небольшой рост содержания кислот с пятью двойными связями (пентаеновых).

Возрастание числа двойных связей в радикале углеводорода, а следовательно, и радикале триглицерида жирных кислот при окислении возможно и по теории Фармера [13, 8, 9] и данным других исследова-

телей [4, 5, 6, 15] объясняется миграцией двойной связи и появлением системы с сопряженными двойными связями в результате отрыва атома водорода, предшествующего образованию перекисей. Однако этот процесс почти не повлиял на изменение общей степени неопределенности глицеридов, о чем свидетельствует сопоставление значений йодных чисел исходных жиров и после их длительного хранения.

Таблица 2

Изменение состава высоконенасыщенных кислот жиров из покровного сала после их хранения в течение шестнадцати месяцев

Условия хранения жира	Содержание высоконенасыщенных кислот, %						Йодное число
	диеновых—с 2 двойными связями	триеновых—с 3 двойными связями	тетраеновых— с 4 двойными связями	пентаеновых — с 5 двойны- ми связями	гексаеновых— с 6 двойными связями	сумма	
<b>Жир финвала</b>							
Исходный . . . . .	4,5	0	2,5	7,3	5,0	19,3	111,5
Обычные . . . . .	3,8	0	2,2	8,0	5,5	19,5	110,6
В атмосфере азота . . .	4,2	0	2,0	7,9	4,4	18,7	113,6
<b>Жир синего кита</b>							
Исходный . . . . .	4,4	0,2	2,3	8,5	5,9	21,3	118,9
Обычные . . . . .	3,4	0,1	1,5	10,5	6,8	22,3	119,0
В атмосфере азота . . .	3,7	0,1	2,0	10,1	6,0	21,9	119,4
<b>Жир горбатого кита</b>							
Исходный . . . . .	4,5	0	2,8	9,2	6,6	23,1	127,1
Обычные . . . . .	3,9	0	2,5	9,5	7,4	23,3	126,3
В атмосфере азота . . .	4,0	0	1,7	11,3	7,0	24,0	129,3

В отличие от жиров из покровного сала синего кита в жирах из других частей его тела после четырех месяцев хранения без инертного газа возрастает не только содержание оксиганового кислорода, но и количество альдегидов, на что указывает изменение тиобарбитурового числа (табл. 3); следовательно, эти жиры на данном этапе были подвергнуты более глубокому окислению.

После 10 месяцев хранения в этих жирах в большинстве случаев, так же как и в жире из покровного сала, повышается количество перекисных соединений. По истечении 16 месяцев почти во всех жирах зафиксирован рост перекисей, эпоксисоединений и альдегидов. Наиболее интенсивно эти процессы протекают в жире из покровного сала и смеси жиров из брюшины, языка и нижней челюсти; наиболее окисленным оказался жир из покровного сала.

Во всех жирах, хранившихся без азота, за исключением жира из покровного сала, кислотные числа изменились мало (табл. 3). Относительно большее повышение значения кислотного числа жира из покровного сала (с 0,7 до 1,9) также свидетельствует о большей его подверженности окислительной порче.

В исходном жире из покровного сала находилось больше высоконенасыщенных кислот (табл. 4) и токоферолов (см. табл. 3), чем в смеси

Изменения жиров из различных частей тела синего кита при хранении в обычных условиях (I) и в атмосфере азота (II)

Продолжительность хранения, месяцы	Покровное сало		Брюшина, язык и нижняя челюсть		Мясо и некоторые внутренности		Кости позвоночника		Гракса	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
<b>Перекисное число</b>										
Исходный . . . . .	0,03	—	0,03	—	0,05	—	0,02	—	0,02	—
Четыре . . . . .	0,05	0,03	0,07	0,04	0,01	0,03	0,03	0,01	0,06	0,01
Десять . . . . .	0,53	0,26	0,20	0,10	0,07	0,04	0,10	0,03	0,09	0,03
Шестнадцать . . . . .	0,98	0,19	0,30	0,08	0,08	0,03	0,15	0,03	0,10	0,02
<b>Содержание оксианового кислорода, мг%</b>										
Исходный . . . . .	5,2	—	4,4	—	6,7	—	6,3	—	8,3	—
Четыре . . . . .	12,4	6,5	9,3	5,8	11,7	5,3	9,0	6,9	10,5	5,9
Десять . . . . .	5,7	2,9	2,8	2,9	4,2	2,7	4,3	3,6	3,4	2,8
Шестнадцать . . . . .	12,9	2,7	4,9	2,7	5,8	4,0	3,5	1,6	5,5	2,7
<b>Тиобарбитуровое число</b>										
Исходный . . . . .	2,5	—	1,5	—	3,5	—	1,0	—	2,3	—
Четыре . . . . .	2,8	2,5	3,0	1,9	4,4	3,7	2,9	1,0	5,0	2,2
Десять . . . . .	4,8	2,7	3,1	2,7	1,7	1,5	1,7	1,8	1,1	1,3
Шестнадцать . . . . .	8,3	3,1	8,9	3,1	4,8	4,2	2,6	1,0	1,9	2,0
<b>Кислотное число</b>										
Исходный . . . . .	0,7	—	0,9	—	1,4	—	0,5	—	1,9	—
Четыре . . . . .	0,7	0,7	0,9	0,9	1,4	1,4	0,5	0,5	1,9	1,9
Десять . . . . .	1,1	0,9	1,1	1,1	1,5	1,3	0,5	0,4	2,1	1,9
Шестнадцать . . . . .	1,9	0,9	1,3	1,1	1,7	1,7	0,7	0,7	2,2	2,2
<b>Количество токоферолов, мг %</b>										
Исходный . . . . .	16,6	—	8,2	—	22,9	—	22,8	—	27,2	—
Четыре . . . . .	16,2	15,7	6,5	7,0	14,1	14,3	19,3	21,4	9,6	11,1
Десять . . . . .	6,4	13,7	6,5	7,0	10,2	14,4	11,5	12,9	10,2	9,6
Шестнадцать . . . . .	2,7	6,8	Нет	1,2	2,2	1,5	3,0	1,8	Нет	3,3

жиров из брюшины, языка и нижней челюсти. В данном случае на окисление больше влияла разница в составе и количестве высоконенасыщенных кислот, чем присутствие токоферолов; результатом этого и явилась большая степень окисления жира из покровного сала. В то же время жир из мяса и внутренностей был богаче токоферолами (см. табл. 3), что, по-видимому, объясняет его повышенную устойчивость к окислительной порче по сравнению со смесью жиров из брюшины, языка и нижней челюсти и жиром из покровного сала, несмотря на относительно большее количество высоконенасыщенных, пента- и гексаеновых (см. табл. 4) кислот. Жир из костей позвоночника и жир из мясокостного сырья, выделенный на граксовой линии, называемый граксовым,

имели разную степень неопределенности — их йодные числа соответствовали 111,3 и 117,5; однако по глубине процессов окисления они мало различались. Это также могло быть следствием некоторой разницы в содержании токоферолов (см. табл. 3 и табл. 4), обеспечившей большую устойчивость жира с относительно повышенной степенью неопределенности.

Таблица 4

Изменение состава высоконенасыщенных кислот различных жиров синего кита после их хранения в течение шестнадцати месяцев

Условия хранения жира	Содержание высоконенасыщенных кислот, %						Йодное число
	диеновых	триеновых	тетраеновых	пентаеновых	гексаеновых	сумма	
<b>Жир из покровного сала</b>							
Исходный . . . . .	4,4	0,2	2,3	8,5	5,9	21,3	118,9
Обычные . . . . .	3,4	0,1	1,5	10,5	6,8	21,3	119,0
В атмосфере азота . . .	3,7	0,1	2,0	10,1	6,0	21,9	119,4
<b>Жир из брюшины, языка и нижней челюсти</b>							
Исходный . . . . .	4,2	0	2,5	7,5	4,8	19,0	122,9
Обычные . . . . .	4,2	0	2,0	10,9	7,3	24,4	121,4
В атмосфере азота . . .	3,5	0	2,5	10,7	6,8	23,5	123,6
<b>Жир из мяса и внутренностей</b>							
Исходный . . . . .	3,8	0	3,0	9,3	7,0	23,1	124,9
Обычные . . . . .	1,9	0	2,0	11,3	9,2	24,4	125,9
В атмосфере азота . . .	3,0	0	2,5	10,5	7,8	23,8	125,9
<b>Жир из костей позвоночника</b>							
Исходный . . . . .	4,5	0	2,7	8,5	5,9	21,6	111,3
Обычные . . . . .	2,3	0	2,0	9,0	6,1	19,4	109,7
В атмосфере азота . . .	3,6	0	2,0	9,7	6,3	21,6	113,3
<b>Граковый жир</b>							
Исходный . . . . .	4,2	0	3,7	7,9	6,8	22,6	117,5
Обычные . . . . .	2,5	0,2	3,5	10,1	7,2	23,5	118,6
В атмосфере азота . . .	3,2	0	2,9	9,8	7,3	23,2	119,9

В жирах, хранившихся в атмосфере азота, замечены лишь небольшие изменения (см. табл. 3): в жире из покровного сала и смеси жиров из брюшины, языка и нижней челюсти повысилось количество перекисей; в этих же жирах, а также в жире из мяса и некоторых внутренностей несколько возросло содержание альдегидов.

В результате длительного хранения, особенно в обычных условиях, в жирах из разных частей тела синего кита, как и в жире из покровного сала, несколько увеличилось количество кислот с пятью, а в некоторых случаях и с шестью двойными связями (см. табл. 4).

Относительно большие изменения произошли в смеси жиров из брюшины, языка и нижней челюсти и в жире из мяса и внутренностей. При этом только в первом случае увеличение содержания кислот с пятью и шестью двойными связями сопровождалось повышением общей суммы высоконенасыщенных кислот. Во всех остальных жирах, за ис-

ключением жира из костей позвоночника, хранившегося без азота, рост кислот с пятью и шестью двойными связями в какой-то мере компенсировался уменьшением количества кислот с двумя двойными связями. В жире из костей позвоночника уменьшение содержания кислот с двумя двойными связями не сопровождалось заметным ростом кислот с пятью двойными связями, вследствие чего общая сумма ненасыщенных кислот несколько уменьшилась.

Уменьшение числа двойных связей в результате окисления жирных кислот или их радикалов на определенном этапе окисления также вполне вероятно [3, 10, 13]. Однако эти изменения были невелики и поэтому не привели к ощутимому снижению йодного числа.

В жирах из мясокостного сырья, выработанных на граковой линии, при их хранении без азота в течение четырех месяцев в основном накапливаются эпоксисоединения, а в жире синего кита — и альдегиды (табл. 5). После десяти месяцев хранения возрастает количество перекисных соединений, которые в дальнейшем (через 16 месяцев) в

Таблица 5

Изменения граковых жиров во время их хранения в обычных условиях (I) и в атмосфере азота (II)

Продолжительность хранения, месяцы	Показатели жира					
	синего кита		финвала		горбатого кита	
	I	II	I	II	I	II

Перекисное число

Исходный . . . . .	0,02	—	0,02	—	0,02	—
Четыре . . . . .	0,06	0,01	0,02	0,01	0,03	0,06
Десять . . . . .	0,09	0,03	0,04	0,02	0,11	0,07
Шестнадцать . . . . .	0,10	0,02	0,04	0,02	0,57	0,12

Содержание оксианового кислорода, мг %

Исходный . . . . .	8,3	—	9,8	—	4,2	—
Четыре . . . . .	10,5	5,9	11,9	8,2	12,1	4,6
Десять . . . . .	3,4	2,8	2,7	1,5	4,6	3,1
Шестнадцать . . . . .	5,5	2,7	6,1	2,6	4,9	3,8

Тиobarбитуровое число

Исходный . . . . .	2,3	—	1,2	—	1,3	—
Четыре . . . . .	5,0	2,2	2,4	1,2	1,9	1,4
Десять . . . . .	1,1	1,8	2,7	2,5	1,7	1,5
Шестнадцать . . . . .	1,9	2,0	2,0	2,2	3,6	3,4

Кислотное число

Исходный . . . . .	1,9	—	0,9	—	0,7	—
Четыре . . . . .	1,9	1,9	1,0	1,1	0,7	0,7
Десять . . . . .	2,1	1,9	1,3	1,0	0,8	0,7
Шестнадцать . . . . .	2,2	2,2	2,1	1,1	1,0	0,9

Содержание токоферолов, мг %

Исходный . . . . .	27,2	—	18,9	—	23,5	—
Четыре . . . . .	9,6	11,1	8,7	10,2	24,2	25,1
Десять . . . . .	10,2	9,6	8,7	10,1	10,5	16,8
Шестнадцать . . . . .	Нет	3,3	3,3	5,8	3,0	7,5

граксовом жире синего кита переходят в эпокиссоединения, в жире горбача — в альдегиды, а в жире финвала — через определенные этапы — в кислоты, на что указывает повышение кислотного числа с 1,3 до 2,1. Таким образом, при равной степени неопределенности исходных граксовых жиров синего кита и финвала (табл. 6) и даже большей степени неопределенности жира горбача, жир финвала окислился глубже. По-видимому, такое различие обусловлено меньшим количеством токоферолов в жире финвала, с одной стороны (табл. 5), и равным содержанием суммы кислот с пятью и шестью двойными связями — с другой (табл. 6). Вместе с тем в жире горбача, особенно при его хранении без азота, заметен повышенный рост кислот с пятью и шестью двойными связями по сравнению с другими граксовыми жирами (табл. 6). Увеличению количества кислот с пятью и шестью двойными связями в жире горбача соответствует повышение общей суммы высоконасыщенных кислот и намечающаяся тенденция к возрастанию йодного числа. То же наблюдается и в жире синего кита, но при этом абсолютный рост кислот с пятью двойными связями был несколько ниже, а количество кислот с шестью двойными связями не изменилось.

Таблица 6

Изменение состава высоконасыщенных кислот граксовых жиров в результате их хранения в течение шестнадцати месяцев

Условия хранения жиров	Содержание высоконасыщенных кислот, %						Йодное число
	двеновых	триеновых	тетраено- вых	пентаено- вых	гексаено- вых	сумма	
<b>Жир финвала</b>							
Исходный . . . . .	3,3	0,0	2,6	9,6	5,8	21,3	117,2
Обычные . . . . .	3,5	0,0	2,2	9,9	6,1	21,7	117,4
В атмосфере азота . . .	3,6	0,0	2,0	9,7	6,3	21,6	117,8
<b>Жир синего кита</b>							
Исходный . . . . .	4,2	0,0	3,7	7,9	6,8	22,6	117,5
Обычные . . . . .	2,5	0,2	3,5	10,1	7,2	23,5	119,6
В атмосфере азота . . .	3,2	0,0	2,9	9,8	7,3	23,2	119,9
<b>Жир горбатого кита</b>							
Исходный . . . . .	4,5	0,0	1,5	9,2	6,0	21,2	125,6
Обычные . . . . .	3,4	0,2	1,8	12,3	8,0	25,7	127,6
В атмосфере азота . . .	4,2	0,0	2,0	11,2	7,5	24,9	127,6

Скорость окисления жиров зависит от герметичности тары, в которой находится жир. В условиях герметичной упаковки при наличии незначительного объема воздуха над жиром перекисные числа жиров после десяти месяцев хранения (см. табл. 1, 3, 5) в большинстве случаев имеют значения, близкие к перекисным числам жиров, хранившихся во ВНИИЖе в условиях слабого обмена воздуха в течение двух месяцев. Негерметичностью объясняется, в частности, значительное повышение перекисного числа китового жира во время его транспортировки в танкерах. Это следует из сопоставления перекисных чисел жиров, доставленных с китобазы в герметичной таре (0,02—0,04% йода), с перекисными числами промышленных партий жиров после их перевозки в танкерах (0,1—0,2% йода).



## ВЫВОДЫ

1. Китовые жиры окисляются с различной интенсивностью, определяемой при прочих равных условиях степенью их непредельности, количеством и составом высоконенасыщенных кислот, а также присутствием естественных антиокислителей.

2. Окисление китовых жиров в зафиксированной степени не сопровождается значительными изменениями состава высоконенасыщенных кислот и общей степени непредельности, выраженной значениями йодных чисел.

3. При хранении жиров в атмосфере азота окисление не прекращается, но протекает значительно медленнее. Применение инертного газа позволяет сохранять китовые жиры в хорошем состоянии около полутора лет.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Венгерова Н. В., Ржехин В. П., Стрелин Б. Я. и др. Технохимический контроль и учет производства в маслособывающей и жироперерабатывающей промышленности. Т. 1. Пищепромиздат, 1958.
2. Лазаревский А. А. Технохимический контроль в рыбообработывающей промышленности. Пищепромиздат, 1955.
3. Эмануэль Н. М., Лясковская Ю. Н. Торможение процессов окисления жиров. Пищепромиздат, 1961.
4. Allen R. R., Jackson A. and Kummerow F. A. Factors which affect the stability of highly unsaturated fatty acids. I. Differences on the oxidation of conjugated and nonconjugated linoleic acid. J. Am. Oil Chemists Soc., 26, 8, 1949.
5. Bawn C. E. H. Antioxidative reactions: their chemistry, mechanism and catalysis by metal salts. J. Oil Colour Chem. Assoc., 36, 398, 1953.
6. Bergstrom I. Autoxidation of linoleic acid. Nature, 156, 3972, 1945.
7. Brice B. A., Swain M. L., Herb S. F., Nichols P. L. a. Riemenschneider W. Standardisation of spectrophotometric methods for determination of polyunsaturated fatty acids using pure natural acids. J. Am. Oil Chem. Soc. 29, 7, 1952.
8. Farmer E. H. and Sundralingam A. The course of autoxidation reactions in Polyisoprenes and allied compounds. Part I. The structure and reactive tendencies of the peroxides of simple Olefins. J. Chem. Soc. 121—139, 1942.
9. Farmer E. H. and Sutton D. A. The course of autoxidation reactions in polyisoprenes and allied compounds. Part IV. The isolation and composition of photometrically-formed methyl oleate peroxide. Part V. Observation of fish-oil acids. J. Chem. Soc. 119—125, 1943.
10. Farmer E. H., Bloomfield G. F., Sundralingam A. a. Sutton D. A. The course and mechanism of autoxidation reactions in olefinic and polyolefinic substances including rubber. Trans. of Faraday Soc. 38, 1942.
11. Herb S. F. a. Riemenschneider R. W. Influence of alkali concentration and other factors on the conjugation of natural polyunsaturated acids as determined by ultraviolet absorption measurement. J. Am. Oil Chem. Soc. 29, 11, 1952.
12. Herb S. F. a. Riemwnschneider R. W. Spectrophotometric micromethod for determining polyunsaturated fatty acids. Anal. Chem., 25, 6, 1953.
13. Holman R. T. Progress in the chemistry of fats and other lipids. London, 1954.
14. In T. C. and Simhuber R. O. 2—Thiobarbituric acid method for the measurement of rancidity in fishery products. Food Technology, 11, 2, 1957.
15. Lundberg W. O., Chipault I, R. a. Hendrickson M. I. Observations of the mechanism of the autoxidation of methyl linoleate. J. Am. Oil Chem. Soc., 26, 3, 1949.
16. Reports of the F. A. C. Subcommittee on oxirane oxygen. J. Am. Oil Chem. Soc., 34, 9, 1957.
17. Schmidt H. Die Thiobarbitursäurezahl als Mass für den Oxydationsgrad von Nahrungsfetten. Fette-Seifen-Anstrichmittel, 61, 2, 1959.