

**Кинетика реакций гидролиза и окисления триацилглицеринов  
при хранении рыбных пресервов с применением  
лактатсодержащих пищевых добавок**

**В.С. КОЛОДЯЗНАЯ, В. А. ДЕМЧЕНКО, Е. А. ОВСЮК**  
[dem8484@gmail.com](mailto:dem8484@gmail.com)

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО  
Институт холода и биотехнологий  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

*Исследовано изменение протекания реакций гидролиза и окисления триацилглицеридов при хранении рыбных пресервов с внесением лактатсодержащих добавок Дилактин Форте и Дилактин Форте Плюс. На основании результатов проведенных исследований установлено, что минимальные константы скорости реакций окисления и гидролиза триацилглицеринов характерны для рыбных пресервов в масле, с добавлением лактатсодержащей добавки ДФП.*

**Ключевые слова:** окисление, гидролиз, жир, пресервы, рыба.

---

**Speed changes of hydrolysis and oxidation of lipids at storage fish products with application food additives on the basis of dairy acid**

**V. S. KOLODJAZNAJA, V. A. DEMCHENKO, E. A. OVSJUK**

*National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics  
Institute of Refrigeration and Biotechnologies  
191002, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

*Speed changes of hydrolysis and oxidation of lipids at storage fish products with entering food additives on the basis of dairy acid Dilaktin Forte and Dilaktin Forte Plus is investigated. On the basis of results of the spent researches it is established that minimum of the reaction rate constants of oxidation and hydrolysis of lipids was for fish products in oil with addition of food additives on the basis of dairy acid Dilaktin Forte Plus.*

**Keywords:** hydrolysis, oxidation, lipids, fish products.

---

Важной технологической задачей при переработке и хранении рыбы и рыбных продуктов с высоким содержанием жира является максимальное сохранение их биологической ценности. Триацилглицерины являются лабильными компонентами пищевых продуктов и претерпевают разнообразные превращения, основными из которых являются гидролиз и окисление. В результате этих реакций изменяется химический состав, ухудшаются органолептические показатели, снижаются пищевая и биологическая ценность жира.

Известно, что механизм химических и биохимических реакций превращения триацилглицеринов (ТАГ) сложный, включает образование как лабильных и высокореакционноспособных промежуточных соединений, так и стабильных конечных продуктов – карбонильных соединений. При изучении механизмов реакций на основе химико-кинетического подхода важное значение имеет последовательность трансформации ТАГ в промежуточные и конечные продукты, включающие продукты гидролиза (свободные жирные кислоты) и окисления (перекисные и гидроперекисные соединения), кетокислоты, карбонильные соединения, влияющие на качество и безопасность жира и жиросодержащих продуктов при длительном холодильном хранении.

Глубина и интенсивность этих процессов зависят от химического состава хранимых продуктов, активности ферментов, микрообсемененности, контакта с кислородом воздуха, применения антиоксидантов, технологических параметров переработки рыбного сырья и хранения рыбных продуктов.

В настоящее время в технологи рыбных продуктов, в частности, пресервов применяется различные пищевые добавки и вкусоароматические вещества, повышающие устойчивость готовых изделий к микробиологической порче и окислению.

Лактатсодержащие пищевые добавки, разработанные в ГНУ ВНИИ-ПАКК, нашли применение в молочной, мясной, рыбной и хлебопекарной отраслях пищевой промышленности при производстве ряда продуктов [1, 2, 3].

Цель работы – исследовать влияние лактатсодержащих добавок на кинетику образования продуктов гидролиза и окисления триацилглицеринов в процессе хранения рыбных пресервов из лосося.

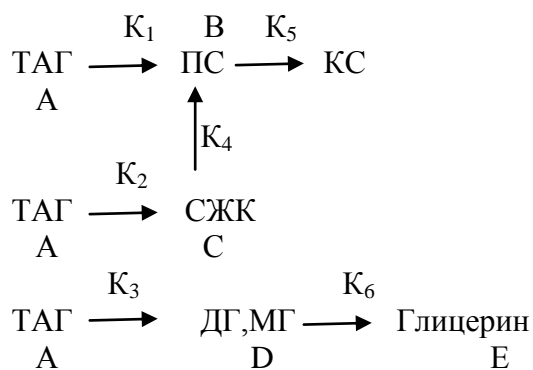
Объектами исследования выбраны пресервы, изготовленные из обрезки лосося балтийского *Salmo salar*, выращенного на ферме в акватории Баренцева моря, замороженного при температуре  $-35^{\circ}\text{C}$  до среднеобъемной конечной температуре  $-18^{\circ}\text{C}$ , и хранившееся при этих условиях в течение трех месяцев.

Обрезь рыбы после размораживания при  $t = (20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  в условиях естественной конвекции до  $t = (1 \pm 1)^{\circ}\text{C}$  солили мокрым способом. Продолжительность посола лосося до достижения массовой доли соли 4 % при температуре  $(3 \pm 1)^{\circ}\text{C}$  составляла 48 ч. Затем после посола рыбу нарезали на кусочки длиной 2 см и укладывали в пластиковые контейнеры вместимостью 200 г. В технологии пресервов из лосося использовали обрезь, полученную при приготовлении филе. Влажность филе составляла  $W_c = 65\%$ , содержание жира – 11%, белка – 20,0%.

В качестве пищевых добавок использовали Дилактин Форте (ДФ) и Дилактин Форте Плюс (ДФП), разработанные в ГНУ ВНИИПАКК, характеристика которых приведена в статьях [1, 3, 4]:

Кинетическое исследование заключалось в постановке экспериментов по изучению изменения содержания свободных жирных кислот (СЖК), определяемых по кислотному числу (КЧ), перекисных соединений (ПС), оцениваемых по перекисному числу (ПЧ), в зависимости от продолжительности хранения рыбных пресервов при температуре  $(0 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ .

Превращение ТАГ можно представить как совокупность последовательных и параллельных одновременно протекающих реакций по схеме:



При проведении данного эксперимента константу скорости реакции окисления перекисей и гидроперекисей  $K_5$  до карбонильных соединений (КС) не учитывали, так как последние не обнаружены в рыбе при исследуемых режимах и сроках хранения.

Обозначим содержание ТАГ, ПС, СЖК, МГ+ДГ и глицерина  $[A]$ ,  $[B]$ ,  $[C]$ ,  $[D]$  и  $[E]$  соответственно и составим кинетические уравнения:

$$-\frac{d[A]}{d\tau} = (K_1 + K_2 + K_3)[A] = K[A] \quad (1)$$

$$\frac{d[B]}{d\tau} = K_1[A] \quad (2)$$

$$\frac{d[C]}{d\tau} = K_2[A] \quad (3)$$

$$\frac{d[D]}{d\tau} = K_3[A] \quad (4)$$

При интегрировании уравнения 1 получим:

$$[A] = K_1[A_0] e^{-K\tau} \quad (5)$$

При интегрировании остальных уравнений после подстановки уравнения 5 получим:

$$[B] = [B_0] + \frac{K_1[A_0]}{K}(1 - e^{-K\tau}) \quad (6)$$

$$[C] = [C_0] + \frac{K_2[A_0]}{K}(1 - e^{-K\tau}) \quad (7)$$

$$[D] = [D_0] + \frac{K_3[A_0]}{K}(1 - e^{-K\tau}) \quad (8)$$

где  $[B_0]$ ,  $[C_0]$  и  $[D_0]$  – начальное содержание в жире исследуемого продукта ПС, СЖК и МГ+ДГ соответственно;

[B], [C] и [D] – содержание в жире исследуемого продукта ПС, СЖК и МГ+ДГ соответственно в любой данный момент времени  $\tau$ ;

$K_1$  – константа скорости реакции окисления жиров,  $\text{сут}^{-1}$ ;

$K_2$  – константа скорости реакции образования СЖК,  $\text{сут}^{-1}$ ;

$K_3$  – константа скорости реакции образования МГ+ДГ,  $\text{сут}^{-1}$ .

При оценке качества жира важнейшее значение имеет образование продуктов окисления жира и гидролиза СЖК, которые при длительном хранении могут также окисляться. Учитывая, что основная доля ( $\approx 95\%$ ) перекисных соединений образуется при окислении ТАГ, принимаем, что  $K_1 \gg K_4$ . Поскольку количество МГ и ДГ мало, а глицерин является конечным продуктом глубокого распада ТАГ, что недопустимо при хранении жира и жиросодержащих продуктов, то принимаем, что  $K_2 \gg K_3 \gg K_6$ .

При указанных допущениях принимаем  $K = K_1 + K_2$ . По результатам изменения перекисного и кислотного числа в процессе хранения исследуемых образцов, приведенных на рис. 1, для реакций псевдопервого порядка рассчитаны константы скорости гидролиза и окисления, приведенные в таблице.

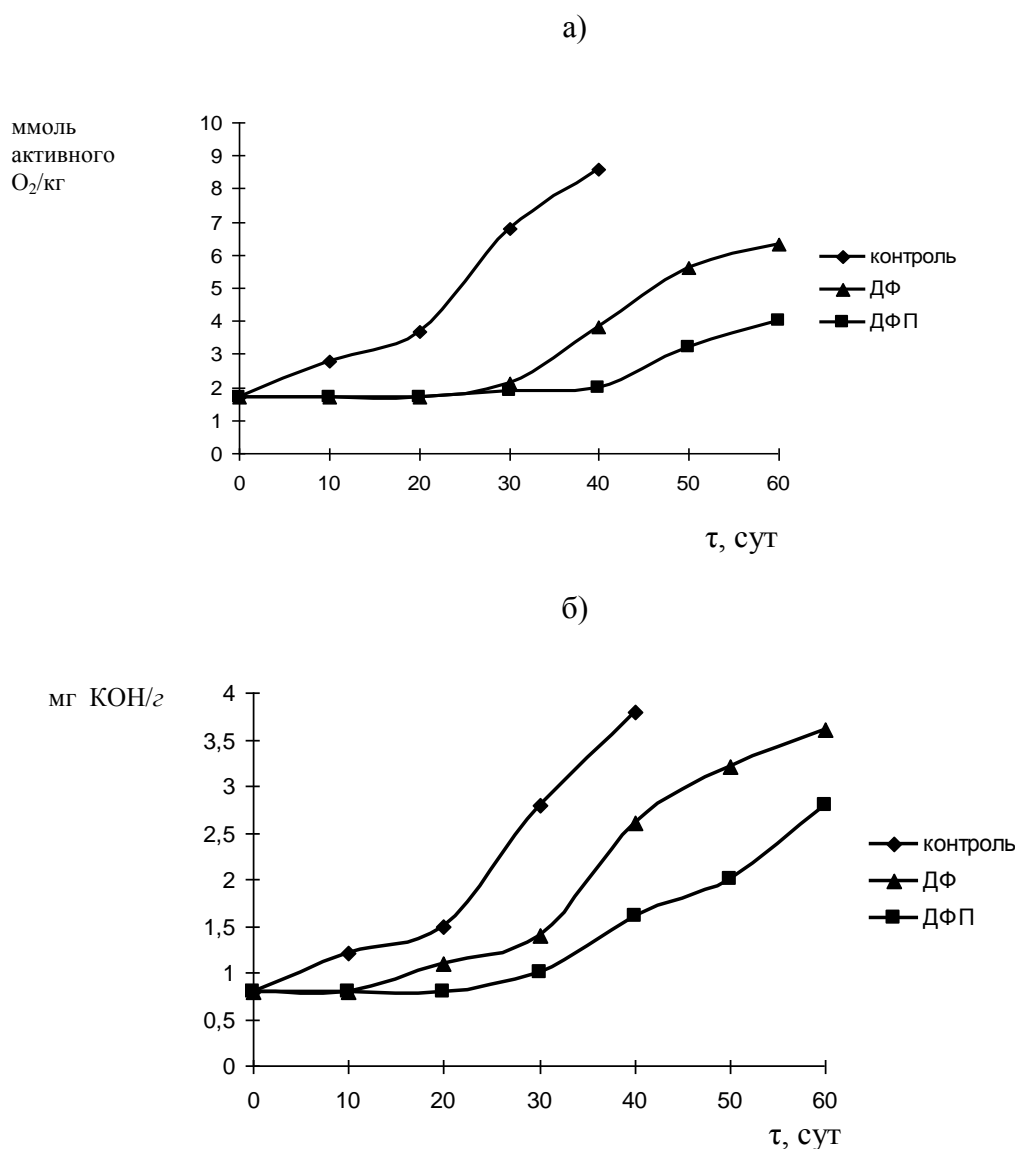


Рис. 1. Динамика перекисного (а) и кислотного (б) числа при хранении рыбных пресервов

Как следует из рис. 1(а) в рыбных пресервах с добавлением пищевой добавки ДФ продолжительность индукционного периода  $\tau_u = 28 \div 30$  сут, с добавлением ДФП  $\tau_u = 40 \div 42$  сут, что объясняется более высокой антиоксидантной активностью ДФП.

#### Константы скорости реакций окисления и гидролиза триацилглицеринов

	$k_{пч}, \text{сут}^{-1}$	$k_{кч}, \text{сут}^{-1}$
Контроль	4,05	3,89
ДФ	3,73	3,76
ДФП	2,82	3,13

Экспериментально-аналитическим методом получены математические модели (уравнения 5-8), характеризующих зависимость изменения продуктов гидролиза и окисления триацилглицеринов от продолжительности хранения рыбных пресервов при исследуемых условиях.

На основании проведенных исследований установлено, что минимальные константы скорости реакций окисления  $K_1$  и гидролиза  $K_2$  триацилглицеринов характерны для рыбных пресервов в масле, с добавлением лактатсодержащей добавки ДФП.

#### Список литературы

1. *Евелева В.В., Кесоян Г.А.* Лактаты – полифункциональные пищевые добавки // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2003. - № 1. – С. 38-40.
2. *Колодязная В.С., Демченко В.А.* Влияние комплексных лактатсодержащих пищевых добавок на процесс созревания и хранения пресервов из замороженных морских рыб / Рыбпром. – 2010. - № 4. – С. 49-51.
3. *Сарафанова Л.А.* Применение пищевых добавок при переработке мяса и рыбы. /СПб.: Профессия, 2007. – 256 с.
4. *Колодязная В.С., Демченко В.А., Овсюк Е.А.* Кинетика изменения содержания азота при хранении рыбных пресервов с применением лактатсодержащих пищевых добавок // ЭНЖ СПбГУНиПТ серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2012.