

Научная статья

УДК 664.38:796/799

DOI: 10.17586/2310-1164-2026-19-1-3-10

Влияние дигидрокверцетина на качество и сохраняемость слабосоленой форели при холодильном хранении

И.А. Василевская*, С.А. Елисеева

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Россия, Санкт-Петербурге, *toropova_irina@mail.ru*

Аннотация. Проводили комплексное исследование влияния дигидрокверцетина (ДГК) на окислительную стабильность и сохраняемость филе слабосоленой форели (*Oncorhynchus mykiss*), выращенной из аквакультуры. В качестве технологического приема использовали регулируемое инъектирование посолочной смеси. Изучали три образца с внесением ДГК в концентрациях 0,01; 0,02 и 0,03% к массе филе в сравнении с контрольным образцом, приготовленным по базовой рецептуре. Все образцы в вакуумной упаковке хранили при температуре 2–4°C в течение 40 суток и проводили системный мониторинг биохимических, физико-химических и органолептических показателей. Установлено, что ДГК оказывает мощное дозозависимое ингибирующее действие на все стадии окислительной порчи липидов: к окончанию срока хранения в образце с внесением 0,03% ДГК перекисное число зафиксировано ниже контрольного на 31,9% (7,24 против 10,63 ммоль O₂/кг), содержание вторичных продуктов окисления (ТБК-активных веществ) – на 68,6% (2,86 против 9,12 мг МДА/кг), а общая антиоксидантная активность сохранилась на уровне в 6,1 раза выше контрольного. Благодаря антирадикальной и хелатирующей активности ДГК опытные образцы характеризовались стабильным значением pH (6,08–6,12 против 5,53) и повышенной влагоудерживающей способностью. Органолептическая оценка подтвердила, что применение ДГК в концентрации 0,02–0,03% позволяет сохранить высокие сенсорные характеристики продукта (вкус, запах, консистенцию, цвет) на протяжении всего срока хранения с общей оценкой 4,2–4,4 балла. Контрольный образец к 40-м суткам хранения стал непригодным для употребления, получив органолептическую оценку 2,9 балла, что ниже допустимого минимума (3,0 балла). Обоснована целесообразность применения дигидрокверцетина в концентрации 0,02% к массе сырья в технологии производства слабосоленой форели методом инъектирования как экологически безопасного для существенного продления срока годности деликатесной рыбной продукции.

Ключевые слова: пищевые технологии; консервирование рыбы; инъектирование; дигидрокверцетин; слабосоленая форель; окислительная стабильность; показатели качества; продление срока годности

Original article

Effect of dihydroquercetin on the quality and shelf life of light-salted trout during refrigerated storage

Irina A. Vasilevskaya*, Svetlana A. Eliseeva

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
St. Petersburg, Russia, *toropova_irina@mail.ru*

Abstract. The paper presents the results of a comprehensive study aimed at increasing the oxidative stability and preservation of light-salted trout (*Oncorhynchus mykiss*) from aquaculture through the use of a natural antioxidant – dihydroquercetin (DHA). Controlled injection of a salt mixture was used as an innovative technological technique. Three samples were studied with the addition of DHA at concentrations of 0.01, 0.02, and 0.03% of the fillet weight in comparison with a control sample prepared according to the basic recipe. All samples in vacuum packaging were stored at a temperature of 2–4°C for 40 days. During the research, systematic monitoring of biochemical, physico-chemical, and organoleptic parameters was carried out. It has been established that DHA has a powerful dose-dependent inhibitory effect on all stages of oxidative lipid degradation. By the 40th day of storage in the E3 sample (0.03% DHA), compared with the control, the peroxide value was 31.9% lower (7.24 versus 10.63 mmol O₂/kg), the content of secondary oxidation products (TBA-active substances) was 68.6% lower (2.86 versus 9.12 mg MDA/kg), and the total antioxidant activity remained at a level 6.1 times higher than the control level. Due to the antiradical and chelating activity of DHA, the experimental samples were characterized by a stable pH value (6.08–6.12 vs. 5.53) and increased moisture retention. The organoleptic evaluation confirmed that the use of DHA at a concentration of 0.02–0.03% allows maintaining high sensory characteristics of the product (taste, odor, consistency, and color) throughout the entire 40-day shelf life, with an overall score of 4.2–4.4 points versus 2.9 points for unsuitable controls. The results of the work scientifically substantiate the expediency and high efficiency of using dihydroquercetin at a concentration of 0.02% by weight of raw materials in the production technology of light-salted trout by injection as an environmentally friendly solution for significantly extending the shelf life of delicatessen fish products.

Keywords: food technology; fish preservation technology; injection; dihydroquercetin; lightly salted trout; oxidative stability; quality indicators; extension of shelf life

Введение

Слабосоленая продукция из жирных видов рыб, таких как форель, отличается высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот и относится к скоропортящимся продуктам. Основной причиной ограниченного срока годности является окислительная порча липидов и развитие микрофлоры [1, 2]. Радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*) обладает высокой пищевой ценностью и стабильным потребительским спросом [3, 4].

Современные тенденции рынка ориентированы на продукты «чистой этикетки» (clean label), что повышает актуальность разработки технологий с использованием натуральных ингредиентов, способных замедлять порчу без ухудшения органолептических и питательных свойств продукции [5, 6]. Дигидрокверцетин (ДГК, таксифолин) – природный флавоноид, получаемый из древесины лиственницы (*Larix sibirica*, *Larix gmelinii*). Благодаря наличию фенольных гидроксильных групп он проявляет высокую антиоксидантную активность, превышающую показатели α -токоферола и аскорбиновой кислоты [7, 8]. ДГК ингибирует свободнорадикальные реакции, хелатирует ионы переходных металлов (Fe^{2+} , Cu^{2+}) и блокирует цепное окисление липидов [9].

Применение дигидрокверцетина в пищевой промышленности в качестве антиоксиданта широко отражено в научных работах, подтверждающих его эффективность в повышении окислительной стабильности различных пищевых продуктов. В исследовании [10] показано, что внесение ДГК при производстве икры трески увеличивает сроки хранения за счет антиокислительных и консервирующих свойств. Авторы [11, 12] подтверждают целесообразность применения ДГК в концентрации 0,02–0,03% к массе сырья в технологии посола филе форели методом инъектирования, что позволило улучшить сохраняемость органолептических свойств и подавить окислительную порчу. Однако, несмотря на доказанную эффективность дигидрокверцетина, остаются недостаточно изученными следующие аспекты.

1. Влияние метода внесения антиоксиданта на равномерность его распределения и реализацию антиоксидантного потенциала. Большинство исследований фиксируют общий положительный эффект, но не уделяют должного внимания технологическому аспекту: способу доставки ДГК в толщу мышечной ткани. Инъектирование как метод посола требует специфического оборудования и параметров дозирования, оптимизация которых может усилить антиоксидантный эффект.

2. Синергизм дигидрокверцетина с другими натуральными антиоксидантами (например, аскорбиновой кислотой) при использовании в составе комплексных посолочных смесей для рыбной продукции. Существующие данные носят фрагментарный характер, отсутствуют сравнительные исследования, оценивающие динамику качества при хранении продукции, обработанной индивидуальным антиоксидантом и их комбинациями.

3. Количественная оценка комплексного влияния ДГК на динамику взаимосвязанных показателей качества (физико-химических, микробиологических, органолептических) в течение всего срока хранения с применением современных методов анализа данных, например, лепестковых диаграмм для визуализации многопараметрических изменений.

Актуальность настоящего исследования определяется необходимостью углубленного изучения особенностей применения дигидрокверцетина в технологии посола филе форели методом регулируемого инъектирования. Это включает изучение влияния на динамику потребительских свойств продукта, оценку синергетических эффектов в антиоксидантных композициях и разработку подходов к комплексной оценке изменений качества при хранении.

Цель работы – исследовать влияние дигидрокверцетина, вносимого в состав посолочной смеси при регулируемом инъектировании, на динамику показателей качества, окислительной стабильности и сохраняемость слабосоленой форели из аквакультуры в процессе холодильного хранения.

Объекты и методы исследования

Для исследования выбрали радужную форель (*Oncorhynchus mykiss*), выращенную в условиях садковой аквакультуры (Ленинградская область) средней массой 1,2–1,5 кг. Сырье доставляли в охлажденном виде (0–2°C) и подвергали первичной обработке: потрошению, удалению головы и плавников, разделке на филе с кожей. Филе нарезали на куски массой 200 ± 5 г. Посолочные смеси готовили на основе пищевой соли (ГОСТ Р 51574-2018) с добавлением антиоксиданта – дигидрокверцетин с содержанием основного вещества не менее 96% (ТУ 9325-001-70692152-08, АО «Аметис», Россия).

Объектами изучения стали три образца филе слабосоленой радужной форели с добавлением ДГК в различных концентрациях: образец 1 – 0,01% к массе рыбы; образец 2 – 0,02%; образец 3 – 0,03% и контрольный образец, для которого использовали смесь без антиоксиданта.

Посол осуществляли методом регулируемого инъектирования, обеспечивая точное дозирование смеси, после чего куски филе выдерживали при температуре 2–4°C в течение 24 ч для завершения процесса просаливания. Затем филе промывали тузлуком плотностью 1040 г/см³, обсушивали, упаковывали индивидуально в вакуумные пакеты с барьерными свойствами (остаточное давление 98%) и направляли на хранение.

Хранение всех образцов осуществляли в холодильной камере при температуре 2–4°C в течение 40 суток. Отбор проб и анализ проводили на 0; 14; 28 и 40-е сутки хранения.

В ходе исследования использовали следующие методы анализа:

- показатели окислительной порчи липидов: кислотное число (КЧ) по ГОСТ 7636-85, перекисное число (ПЧ) по ГОСТ 26593-85, содержание тиобарбитуровой кислоты (ТБК-активных веществ) и карбонильных соединений спектрофотометрическими методами;
- физико-химические показатели – активная кислотность (рН) (потенциометрически), массовая доля влаги (высушиванием до постоянной массы), массовая доля соли (по методу Мора), массовая доля жира (экстракционно-весовым методом);
- органолептическую оценку проводили по 5-балльной системе в соответствии с ГОСТ 7631-2014 с анализом внешнего вида, цвета, запаха, вкуса и консистенции. Комиссия состояла из 5–7 экспертов;
- антиоксидантную активность определяли методом улавливания свободного радикала DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила);
- буферную емкость устанавливали методом потенциометрического титрования в кислой (рН 3,0–6,0) и щелочной (рН 7,0–10,0) областях.

Все измерения проводили в трех параллельных повторностях. Результаты представлены как $M \pm m$, где M – среднее значение, m – стандартная ошибка среднего. Достоверность различий оценивали с использованием t -критерия Стьюдента при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Основным фактором, лимитирующим срок годности слабосоленой жирной рыбы, является окислительная порча липидов, динамика ключевых показателей которой представлена в таблицах 1–4.

Таблица 1. Изменение кислотного числа в образцах слабосоленой форели при хранении
Table 1. Change of acid number in samples of light-salted trout during storage

Образец	Кислотное число (мг КОН/г жира)			
	0 суток	14 суток	28 суток	40 суток
образец 1	0,92 ± 0,04	2,35 ± 0,11	4,53 ± 0,21	6,18 ± 0,28
образец 2	0,93 ± 0,04	2,12 ± 0,10	3,82 ± 0,17	5,14 ± 0,23
образец 3	0,94 ± 0,05	1,98 ± 0,09	3,48 ± 0,16	4,67 ± 0,21
контроль	0,95 ± 0,05	3,42 ± 0,15	7,76 ± 0,35	10,42 ± 0,47

Кислотное число отражает накопление свободных жирных кислот в результате гидролитического расщепления триглицеридов. Из анализа таблицы 1 видно, что во всех образцах наблюдался рост КЧ, однако в контрольном образце процесс протекал значительно интенсивнее. К 40-м суткам КЧ в контроле достигло 10,42 мг КОН/г, что более чем в 2 раза превышает предельно допустимый уровень для качественных рыбных продуктов (4,0 мг КОН/г). Добавление ДГК дозозависимо ингибировало

гидролиз. В образце 3 (0,03% ДГК) значение КЧ было на 55,2% ниже контрольного (4,67 мг КОН/г). Статистически значимой разницы между образцами 2 и 3 не выявлено ($p > 0,05$).

Таблица 2. Изменение перекисного числа в образцах слабосоленой форели при хранении
Table 2. Change of peroxide value in samples of light-salted trout during storage

Образец	Перекисное число (ммоль O ₂ /кг жира)			
	0 суток	14 суток	28 суток	40 суток
образец 1	1,18 ± 0,05	6,43 ± 0,29	9,32 ± 0,42	10,18 ± 0,46
образец 2	1,20 ± 0,05	5,18 ± 0,23	7,15 ± 0,32	8,27 ± 0,37
образец 3	1,19 ± 0,06	4,56 ± 0,21	6,17 ± 0,28	7,24 ± 0,33
контроль	1,21 ± 0,06	12,56 ± 0,56	13,48 ± 0,61	10,63 ± 0,48

Перекисное число характеризует содержание первичных продуктов окисления – гидроперекисей (таблица 2). Анализ данных свидетельствует, что в контроле максимум ПЧ (13,48 ммоль O₂/кг) наблюдается на 28-е сутки, после чего начинается распад перекисей. Во всех опытных образцах пик ПЧ был ниже и сдвинут во времени. Наиболее эффективное ингибирование отмечено для образца 3: на 40-е сутки его ПЧ (7,24 ммоль O₂/кг) было на 31,9% ниже, чем в контроле, и не превышало допустимого уровня (10,0 ммоль O₂/кг). Разница между 2 и 3 была статистически значимой ($p < 0,05$), что указывает на усиление эффекта при повышении концентрации ДГК с 0,02 до 0,03%.

Таблица 3. Изменение ТБА-активных веществ в образцах слабосоленой форели при хранении
Table 3. Change of active TBA-active substances' content of light-salted trout during storage

Образец	ТБА-активных веществ (мг МДА/кг)			
	0 суток	14 суток	28 суток	40 суток
образец 1	0,41 ± 0,02	1,43 ± 0,06	3,24 ± 0,15	4,67 ± 0,21
образец 2	0,42 ± 0,02	1,21 ± 0,05	2,48 ± 0,11	3,42 ± 0,15
образец 3	0,42 ± 0,02	1,10 ± 0,05	2,11 ± 0,09	2,86 ± 0,13
контроль	0,43 ± 0,02	2,78 ± 0,12	6,57 ± 0,30	9,12 ± 0,41

Содержание вторичных продуктов окисления, в частности малонового диальдегида (МДА), определяемое по реакции с ТБК, является маркером глубокой стадии окислительной порчи и напрямую коррелирует с появлением прогорклого запаха и вкуса. Из анализа данных таблицы 3 видно, что к 40-м суткам в контроле содержание МДА достигло 9,12 мг/кг, значительно превышая порог обнаружения прогорклости (2,0–4,0 мг/кг). В образцах с ДГК накопление МДА было подавлено: в образце 3 его содержание составило лишь 2,86 мг/кг, что на 68,6% ниже контроля. Эффект имел четкую дозовую зависимость.

Таблица 4. Антиоксидантная активность образцов слабосоленой форели при хранении
Table 4. Antioxidant activity in samples of light-salted trout during storage

Образец	Антиоксидантная активность (%)			
	0 суток	14 суток	28 суток	40 суток
образец 1	42,16 ± 1,90	35,24 ± 1,59	29,45 ± 1,33	22,18 ± 1,00
образец 2	54,32 ± 2,44	47,85 ± 2,15	40,19 ± 1,81	32,43 ± 1,46
образец 3	65,78 ± 2,96	58,41 ± 2,63	50,27 ± 2,26	41,54 ± 1,87
контроль	18,35 ± 0,82	14,57 ± 0,66	10,12 ± 0,46	6,84 ± 0,31

Исследование общей антиоксидантной активности (АОА) методом DPPH подтвердило, что добавление ДГК существенно повышает антиоксидантный потенциал продукта (таблица 4). Анализ полученных данных показывает, что исходная АОА образца 3 (65,78%) в 3,6 раза выше, чем у контроля. Хотя в процессе хранения АОА всех образцов снижалась, к 40-м суткам активность образца 3 оставалась в 6,1 раза выше контрольной (41,54% против 6,84%). Это свидетельствует о сохранении ДГК своей активности в пищевой матрице в течение всего срока хранения.

Снижение pH в процессе хранения рыбы связано с накоплением молочной кислоты в результате гликолиза и других кислых продуктов микробного метаболизма и автолиза. Из анализа данных таблицы 5 видно, что в контрольном образце к 40-м суткам pH упал до 5,53, что может придавать

продукту нежелательный кисловатый привкус. Образцы с ДГК демонстрировали значительно более стабильное значение pH, близкое к исходному. В образце 3 на 40-е сутки pH составил 6,12, что на 0,59 ед. выше, чем в контроле. Его стабилизация может быть следствием антимикробной и антирадикальной активности ДГК, замедляющей образование кислот.

Таблица 5. Изменение активной кислотности в образцах слабосоленой форели при хранении
Table 5. Change of active acidity in samples of light-salted trout during storage

Образец	Антиоксидантная кислотность (pH)			
	0 суток	14 суток	28 суток	40 суток
образец 1	6,40 ± 0,06	6,24 ± 0,06	6,10 ± 0,06	5,98 ± 0,06
образец 2	6,41 ± 0,06	6,28 ± 0,06	6,16 ± 0,06	6,08 ± 0,06
образец 3	6,39 ± 0,06	6,29 ± 0,06	6,19 ± 0,06	6,12 ± 0,06
контроль	6,42 ± 0,06	6,12 ± 0,06	5,76 ± 0,06	5,53 ± 0,06

Потеря влаги – один из ключевых факторов ухудшения консистенции и товарного вида рыбы при хранении. Анализ данных таблицы 6 показывает, что образцы с ДГК характеризовались более высокой влагоудерживающей способностью. За 40 суток контроль потерял 5,03% влаги, в то время как потери в образцах 2 и 3 составили лишь 3,00 и 2,73% соответственно. Это объясняется защитным действием антиоксиданта [16] на мышечные белки и мембранные структуры, предотвращающим их денатурацию и снижение гидрофильности.

Таблица 6. Изменение массовой доли воды в образцах слабосоленой форели при хранении
Table 6. Change of water mass fraction in samples of light-salted trout during storage

Образец	Массовая доля воды (%)			
	0 суток	14 суток	28 суток	40 суток
образец 1	68,38 ± 0,62	66,84 ± 0,60	65,62 ± 0,59	64,85 ± 0,58
образец 2	68,42 ± 0,62	67,10 ± 0,60	66,03 ± 0,59	65,42 ± 0,59
образец 3	68,40 ± 0,62	67,18 ± 0,60	66,21 ± 0,60	65,67 ± 0,59
контроль	68,45 ± 0,62	66,35 ± 0,60	64,53 ± 0,58	63,42 ± 0,57

Органолептическая оценка (рисунок 1) однозначно демонстрирует преимущество образцов с ДГК. На 28-е сутки в контроле появился слабый прогорклый запах и привкус (3,8 балла), а к 40-м суткам эти дефекты стали выраженными, что привело к снижению общей оценки до 2,9 балла (ниже допустимого минимума в 3,0 балла). Образцы 2 и 3 даже на 40-е сутки сохраняли характерный для форели запах и вкус, нежную консистенцию и свежий цвет, получив оценки 4,2 и 4,4 балла соответственно.

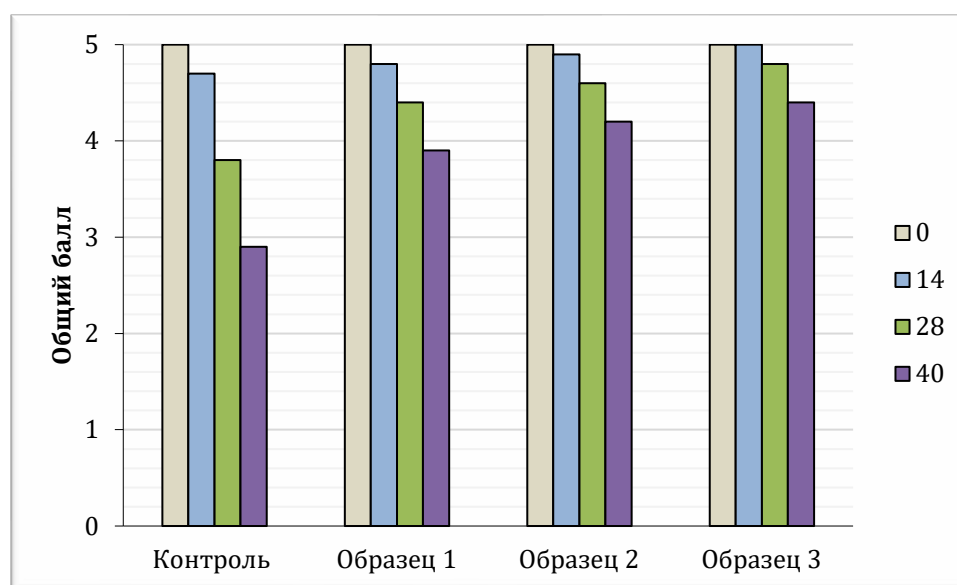


Рисунок 1 – Органолептическая оценка (общий балл) образцов слабосоленой форели при хранении
Figure 1. Organoleptic evaluation for the samples of light-salted (total score) trout during storage

Высокая эффективность ДГК в ингибировании окислительной порчи слабосоленой форели обусловлена его уникальной молекулярной структурой. Механизм действия является многофакторным и включает несколько путей.

- Прямая нейтрализация свободных радикалов (механизм НАТ). Фенольные гидроксильные группы ДГК, особенно в катехольном фрагменте кольца В, легко отдают атом H^+ липидным пероксильным радикалам ($LOO\bullet$), прерывая цепную реакцию окисления: $LOO\bullet + DHQ-OH \rightarrow LOOH + DHQ-O\bullet$. Образовавшийся феноксильный радикал ДГК стабилен за счет резонансной делокализации неспаренного электрона по всей сопряженной системе, что предотвращает его прооксидантную активность.
- Хелатирование ионов переходных металлов. Ионы железа (Fe^{2+}/Fe^{3+}), высвобождающиеся из гемовых белков (миоглобина) в процессе посола и хранения, являются мощными катализаторами окисления через реакции Фентона и Габера–Вайса. ДГК образует хелатные комплексы с этими ионами через свои 3',4'-диокси- и 4-кето-группы, переводя их в инертную форму и блокируя каталитический цикл.
- Синергизм с эндогенными антиоксидантами. ДГК способен регенерировать другие антиоксиданты, присутствующие в рыбе (например, α -токоферол), восстанавливая их из окисленной формы и повышая общую эффективность антиоксидантной системы продукта.
- Стабилизация клеточных мембран. Встраиваясь в липидные бислои мембран мышечных клеток, ДГК повышает их структурную устойчивость к пероксидативному повреждению.

Применение метода регулируемого инъектирования обеспечивает точное, дозированное и равномерное распределение ДГК по всему объему мышечной ткани, что является ключевым условием для реализации его полного антиоксидантного потенциала (рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема антиоксидантного действия дигидрокверцетина в системе слабосоленой форели
 Figure 2. Antioxidant action of dihydroquercetin in light-salted trout

Согласно представленной на рисунке схеме, ДГК, вносимый с посолочной смесью, активно противодействует факторам, инициирующим окисление (кислород, ионы переходных металлов), прерывая тем самым цепные реакции окисления полиненасыщенных липидов. Этот механизм напрямую обуславливает полученные экспериментальные результаты: значительное снижение показателей окислительной порчи (перекисного числа и ТБК-активных веществ), сохранение

высоких органолептических характеристик и увеличение срока годности продукта до 40 суток при температуре хранения 2–4°C.

Заключение

Использование дигидрохверцетина в качестве натурального антиоксиданта в составе посолочных смесей при инъектировании является научно обоснованным и технологически эффективным решением для повышения окислительной стабильности, сохранения высоких органолептических характеристик и увеличения сроков годности слабосоленой форели из аквакультуры.

Включение дигидрохверцетина в состав посолочной смеси при регулируемом инъектировании филе форели в концентрациях 0,01–0,03% к массе сырья оказывает выраженное дозозависимое антиоксидантное действие.

ДГК эффективно ингибирует как первичные, так и вторичные стадии окислительной порчи липидов слабосоленой форели. Наиболее значимый эффект наблюдается при концентрации 0,02–0,03%: к 40-м суткам хранения при 2–4°C перекисное число снижается на 22,2–31,9%, а содержание ТБК-активных веществ – на 62,5–68,6% в сравнении с контролем без антиоксиданта.

Образцы с ДГК характеризуются лучшими физико-химическими показателями: более стабильным рН (6,08–6,12 против 5,53 в контроле на 40-е сутки) и меньшей потерей влаги в процессе хранения.

Дигидрохверцетин существенно улучшает сохраняемость органолептических свойств продукта. Общая оценка образцов с 0,02–0,03% ДГК через 40 суток хранения (4,2–4,4 балла) соответствует продукции хорошего качества, в то время как контрольный образец становится непригодным для употребления (2,9 балла).

С учетом статистической незначимости различий по большинству ключевых показателей между образцами с 0,02 и 0,03% ДГК, а также из экономических соображений, оптимальной концентрацией дигидрохверцетина для практического применения в технологии слабосоленой форели методом инъектирования рекомендуется 0,02% к массе сырья.

Литература

1. Степаненко Е.И., Нехамкин Б.Л. Роль отдельных компонентов солевого раствора в сохранении качества лосося инъекционного посола // Труды АтлантНИРО. 2021. Т. 5, № 1. С. 147–156.
2. Лукина Е.В., Левшина Е.О., Кожухова Е.В., Миронова И.В., Яковлева Т.В. Сравнительный анализ микробиологических изменений в деликатесной малосоленой продукции из лососевых рыб, изготовленной с использованием пищевых добавок – созревателей натурального и синтетического происхождения, в процессе хранения // Известия высших учебных заведений. Арктический регион. 2024. № 1. С. 49–56.
3. Гребенюк А.А., Базарнова Ю.Г. Технологические аспекты производства слабосоленой деликатесной продукции из форели // Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2008. № 4. С. 20–24.
4. Соколов А.В. Пищевая и биологическая ценность второстепенных частей радужной форели, выращенной в аквакультуре // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 1. С. 105–111. DOI: 10.24412/2311-6447-2021-1-105-111
5. Ртищев С.С. Оценка качества радужной форели, реализуемой на потребительском рынке // Вестник КрасГАУ. 2025. № 12. С. 142–147. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12-142-147
6. Кудрявцев В.В., Полякова А.Д., Кудрявцев Д.Ю., Дьяков С.Н. К вопросу об эффективности применения дигидрохверцетина (таксифолина) при производстве полуфабрикатов из мяса птицы // Все о мясе. 2024. № 4. С. 54–57. DOI: 10.21323/2071-2499-2024-4-54-57
7. Ушкалова А.А., Чжан Т., Баочэнь Т. Состояние и перспективы применения дигидрохверцетина в пищевой промышленности // Пищевые системы. 2024. Т. 7. № 3. С. 355–362. DOI: 10.21323/2618-9771-2024-7-3-355-362
8. Flieger J., Flieger W., Baj J., Maciejewski R. Antioxidants: classification, natural sources, activity/capacity measurements, and usefulness for the synthesis of nanoparticles. *Materials*. 2021, V. 14, Is. 15, article 4135. DOI: 10.3390/ma14154135
9. Радаева И.А., Галстян А.Г., Туровская С.Н., Илларионова Е.Е. Изучение технологических свойств дигидрохверцетина // Молочная промышленность. 2017. № 3. С. 67–68.
10. Бубьрь И.В. Использование дигидрохверцетина при производстве икры трески // Инновационные технологии в промышленности и образовании: материалы науч. конф. Пинск: Изд-во ПолесГУ, 2023. С. 354–356.
11. Василевская И.А., Елисеева С.А., Алексеев Г.В. Особенности использования антиоксидантов при посоле филе форели путем регулируемого инъектирования // Вестник КрасГАУ. 2025. № 11. С. 192–205. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-11-192-205

12. Василевская И.А., Елисеева С.А. Особенности производства и хранения слабосоленой форели радужной с применением натуральных антиоксидантов // Международный научно-исследовательский конкурс «Научный дебют – 2025»: сб. тр. Петрозаводск: Новая наука, 2025. С. 31–42.
13. Веселов Н.В., Сафронов С.Л. Обоснование принципов технологии приготовления соленых рыбных продуктов, обогащённых фитокомпонитной посолочной смесью // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 1. С. 134–140.
14. Шагаева Н.Н., Колобов С.В., Пчелкина В.А. Изучение влияния дигидрокверцетина на микроструктуру мясных рубленых полуфабрикатов // Ползуновский вестник. 2018. № 4. С. 95–99. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2018.04.019

References

1. Stepanenko E.I., Nekhamkin B.L. The role of individual components of saline solution in maintaining the quality of salted salmon by injectable salting. *Trudy AtlantNIRO*. 2021, V. 5, no. 1, pp. 147–156. (In Russian)
2. Lukina E.V., Levshina E.O., Kozhukhova E.V., Mironova I.V., Yakovleva T.V. Comparative analysis of microbiological changes in delicatessen lightly salted salmonid fish products made with the use of natural and synthetic ripening food additives during storage. *Higher Education Newsletter. Arctic Region*. 2024, no. 1, pp. 49–56. (In Russian)
3. Grebenyuk A.A., Bazarnova Yu.G. Technological aspects of the production of lightly salted delicacy products from trout. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta Nizkotemperaturnykh i Pishchevykh Tekhnologii*. 2008, no. 4, pp. 20–24. (In Russian)
4. Sokolov A.V. Nutritional and biological value of secondary parts of rainbow trout raised in aquaculture. *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex-Healthy Food Products*. 2021, no. 1, pp. 105–111. DOI: 10.24412/2311-6447-2021-1-105-111. (In Russian)
5. Rtischev S.S. Quality assessment of rainbow trout sold on the consumer market. *Bulletin of KrasSAU*. 2025, no. 12, pp. 142–147. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12-142-147. (In Russian)
6. Kudryavtsev V.V., Polyakova A.D., Kudryavtsev D.Yu., Dyakov S.N. On the issue of the effectiveness of using dihydroquercetin (taxifolin) in the production of semi-finished products from poultry meat. *Vsyo o Myase*. 2024, no. 4, pp. 54–57. DOI: 10.21323/2071-2499-2024-4-54-57. (In Russian)
7. Ushkalova A.A., Zhang T., Baochen L. Current state and prospects of dihydroquercetin application in food industry. *Food Systems*. 2024, V. 7, no. 3, pp. 355–362. DOI: 10.21323/2618-9771-2024-7-3-355-362. (In Russian)
8. Flieger J., Flieger W., Baj J., Maciejewski R. Antioxidants: classification, natural sources, activity/capacity measurements, and usefulness for the synthesis of nanoparticles. *Materials*. 2021, V. 14, Is. 15, article 4135. DOI: 10.3390/ma14154135
9. Radaeva I.A., Galstyan A.G., Turovskaya S.N., Illarionova E.E. Study of the technological properties of dehydroquercetin. *Dairy Industry*. 2017, no. 3, pp. 67–68. (In Russian)
10. Bubyr I.V. Use of dihydroquercetin in the production of cod roe. In: *Innovative Technologies in Industry and Education. Proceedings of the Scientific Conference*. Pinsk, PolesGU Publ., 2023, pp. 354–356. (In Russian)
11. Vasilevskaya I.A., Eliseeva S.A., Alekseev G.V. Features of using antioxidants in salting trout fillets by controlled injection. *Bulletin of KrasSAU*. 2025, no. 11, pp. 192–205. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-11-192-205. (In Russian)
12. Vasilevskaya, I.A., Eliseeva, S.A. Features of production and storage of lightly salted rainbow trout using natural antioxidants. *International Research Competition "Scientific Debut – 2025"*. Collection of Works. Petrozavodsk, Novaya nauka Publ., 2025, pp. 31–42. (In Russian)
13. Veselov, N.V., Safronov, S.L. Substantiation of the principles of technology for the preparation of salted fish products enriched with a phytocomposite salting mixture. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2017, no. 1, pp. 134–140. (In Russian)
14. Shagaeva N.N., Kolobov S.V., Pchelkina V.A. Studying the effect of dihydroquercetin on the microstructure of minced meat products. *Polzunovskiy Vestnik*. 2018, no. 4, pp. 95–99. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2018.04.019. (In Russian)

Информация об авторах

Ирина Александровна Василевская – аспирант Высшей школы биотехнологий и пищевых производств

Светлана Анатольевна Елисеева – канд. техн. наук, доцент, доцент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств

Information about the authors

Irina A. Vasilevskaya, Postgraduate Student, Graduate School of Biotechnology and Food Sciences

Svetlana A. Eliseeva, Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Graduate School of Biotechnology and Food Sciences

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 28.01.2026

Одобрена после рецензирования 01.03.2026

Принята к публикации 17.03.2026

The article was submitted 28.01.2026

Approved after reviewing 01.03.2026

Accepted for publication 17.03.2026