

О. П. Прісс, М. Є. Сердюк, Т. О. Колісниченко,
М. М. Данченко, Л. М. Здоровцева

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

ОСОБЛИВОСТІ ОКИСНОГО ПСУВАННЯ ТКАНИН ПЕЛІНГАСУ ПРИ ЗБЕРІГАННІ В ОХОЛОДЖЕНОМУ СТАНІ

Відомо, що процеси окисного псування риби, в значній мірі залежать як від умісту жиру та його ненасиченості в її тканинах, так і активності ендогенних антиоксидантів. Метою даного дослідження було з'ясування особливостей окисного псування тканин пелінгасу з різним умістом жиру при зберіганні в охолодженному стані. Проведено порівняльний аналіз окисного псування тканин спинки і черевця при зберіганні в охолодженному стані цілих тушок цієї риби. Для оцінки рівня окисного псування проаналізовано динаміку вмісту кінцевих продуктів ліпопероксидації та активності антиоксидантних ферментів (супероксиддисмутази, каталази та глутатіонпероксидази) в межах терміну зберігання, визначеного ДСТУ 3326-96 (12 діб). Результати проведених досліджень довели, що при зберіганні тушок пелінгасу за температури 0-2°C впродовж зазначеного терміну, активізація процесів пероксидного окиснення ліпідів, характеризувалась певною тканинною специфічністю. Встановлено, що в спинці пелінгасу підвищення вмісту кінцевих продуктів ліпопероксидації і, відповідно, дезактивацію антиоксидантної системи встановлено відразу після зупинки кровообігу. У черевці пелінгасу процеси дезактивації ендогенних антиоксидантів розпочались тільки з 9-ої доби зберігання риби, але вони були більш прискореними. Наприкінці досліду в спинці пелінгасу вміст вторинних продуктів ПОЛ у 3,55 рази менший, ніж у черевці. Втім, зважаючи на високу активність усіх трьох досліджуваних антиоксидантних ферментів у черевці пелінгасу, можна зробити висновок, що якість даного продукту при зберіганні його за температурного режиму 0-2°C навіть після 12 діб залишається на достатньому рівні, що може сприяти його широкому розповсюдженню, та значному попиту серед споживачів.

Ключові слова: антиоксидантні ферменти, кінцеві продукти ліпопероксидації, окисне псування, пелінгас, спинка, черевце.

Постановка проблеми. В системі здорового харчування особливу роль відіграють морепродукти. Вони містять в собі життєво важливі білки, ліпіди, мінеральні речовини та вітаміни. Існує міцний зв'язок між вживанням в їжу морепродуктів та покращенням здоров'я і тривалістю життя. Так, за даними Tason & Metian (2018) для країн з більшою середньою тривалістю життя населення, найнижчими показниками ожиріння, серцево-судинних захворювань та діабету характерне споживання значно більшої кількості морепродуктів, у першу чергу риби [18]. На жаль, в Україні з 2000 р. щорічно спостерігається тенденція до зменшення обсягів споживання риби та рибопродуктів населенням України.

Риба з давнини використовувалась людиною для їжі, оскільки це одне з найдешевших джерел добре засвоюваного білка та жиру. При збалансованому амінокислотному складі білка риба має високий рівень ненасиченості ліпідів і низький вміст холестеролу. Харчова цінність риб'ячого жиру зумовлена й підвищеним умістом ненасичених жирних кислот, у тому числі таких, що відсутні в жирах наземних тварин [17]. У риб'ячих жирах зазвичай значна кількість незамінних лінолевої, ліноленової, арахідонової кислот. Цінність риб'ячого жиру підвищується за рахунок вмісту в ньому жиророзчинних вітамінів А, D, Е, К. Однак, свіжа риба є продуктом, що характеризується коротким терміном зберігання. Окрім мікробіологічного, для риби властиве також окисне псування [21]. Саме

високий вміст ненасичених жирних кислот (НЖК) у риб'ячому жирі є причиною його здатності до окисного псування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У функціонуючих м'язах риби, як і будь-яких тварин, встановлюється динамічна прооксидантно-антиоксидантна рівновага між продукцією вільних радикалів та їхньою елімінацією, підтримка якої та захист внутрішньоклітинних компонентів здійснюється системою антиоксидантного захисту (АОЗ) [1]. Після зупинки кровообігу відбуваються незворотні зміни, що створюють умови, за яких баланс прооксидантів і антиоксидантів зміщується в напрямку окиснення. Наслідком зупинки кровообігу є накопичення молочної кислоти, що сприяє зниженню рН середовища, падінню активності антиоксидантних ферментів і активації тканинних гідролаз [12]. Усі ці зміни призводять до інтенсифікації процесів пероксидного окиснення ліпідів, що супроводжуються накопиченням токсичних продуктів ліпопероксидації. Окрім того, в процесі автоокислення ліпідів вільні радикальні ланцюгові реакції можуть спричинити окиснення та погіршення харчової цінності білків, навіть призводячи до їхньої окиснювальної агрегації та функціональних змін [14]. Окислені ліпіди, можуть не тільки псувати якість риби, але й заважати дієтичним добавкам риб'ячого жиру впливати на їхню передбачувану біологічну активність [17]. Сучасні споживачі все більше висловлюють занепокоєння щодо використання синтетичних консервантів і антиоксидантів у харчових

продуктах, хоча останнім часом у більшості розробок, спрямованих на гальмування мікробіологічного і окисного псування харчових продуктів, у тому числі й риби, пропонується застосування природних речовин [21]. Звичайні технології зберігання (охолодження та заморожування) конкурують з більш сучасними технологіями холодильного зберігання, а саме охолодження та суперохолодження. Пропонується використання нових технологій пакування харчових продуктів (у т.ч. їстівні плівки та покриття). Останні досягнення в сучасних технологіях зберігання риби включають обробку під високим тиском, опромінення, технологію імпульсного світла, імпульсне електричне поле, мікрохвильову, радіочастотну та ультразвукову обробку та комбіновані технології. Незважаючи на всі нові технології, які застосовуються в рибообробці, охолодження та заморожування риби залишаються найбільш поширеними методами її консервації [7]. Денатурація білка є фактором, що визначає якість мороженої риби. Вплив кристалів льоду на якість розмороженої риби залежить від виду риби, посмертних стадій, денатурації білка, і умов обробки риби [19]. Охолоджена риба за своїм хімічним складом та споживчими властивостями несуттєво відрізняється від живої і істотно перевершує морожену рибу. Однак термін зберігання такої риби нетривалий і визначається засобами охолодження [13]. При охолодженню зберіганні риби не припиняється її окисне псування, що в значній мірі погіршує її харчові якості [14].

Харчова цінність охолодженої риби визначається цілою низкою факторів, таких як термін зберігання, температура, вид риби, стрес під час вилову, кількість і якість льоду [4; 11; 16]. Крім того, на термін зберігання впливає і спосіб зберігання риби (ціла, філе або патрана). Консервування риби охолодженням полягає в принципі анабіозу, тобто. на пригніченні життєдіяльності мікроорганізмів та активності власних ферментів тканин риби за рахунок дії температурного фактору.

Встановлення механізмів окисного псування риби дозволить оптимізувати технологічні режими зберігання рибних продуктів. Відомо, що ціла риба зберігається краще, ніж відокремлені її частини [16]. Але процеси окисного псування, що в значній мірі залежать як від умісту жиру та його ненасиченості, так і активності ендогенних антиоксидантів у різних тканинах риби можуть суттєво відрізнитись за інтенсивністю.

Мета і завдання дослідження. Метою даного дослідження було з'ясування особливостей окисного псування тканин пелінгасу з різним умістом жиру (спинці і черевці) при зберіганні в охолодженню стані цілих тушок цієї риби. Порівняльний аналіз окисного псування ліпідів у різних частинах риби проводиться, щоб зрозуміти варіації харчової якості цієї риби. Для оцінки рівня окисного псування проаналізувати динаміку вмісту кінцевих продуктів ліпопероксидації та активності антиоксидантних ферментів в межах терміну зберігання, визначеного ДСТУ 3326-96 (12 діб).

Матеріали і методи. Пелінгас – стайна напівпродісна риба, яка належить до сімейства кефалевих і є

вихідцем з роду кефалі-Лізи (*Liza haematocheilus*) [3]. Цей вид кефалі виявився найбільш стійким до зниження температури води у зимовий період. Пелінгас, маючи багато спільних особливостей з чорноморськими кефаліями, відрізняється від них більш широкою екологічною пластичністю. Він не гине у ставках з прісною водою, а добре в них зростає при годівлі. Акліматизація пелінгаса у південних морях, обґрунтована Б.Н. Казанським (1966–1968 рр.). У 1970–1980 рр. пелінгаса було завезено з Японського моря й успішно адаптовано в Приазовському регіоні. Це призвело до появи нового промислового об'єкта високої товарної якості, яким компенсуються знижені запаси азото-чорноморських кефалей. М'ясо пелінгаса має високу харчову цінність і водночас є достатньо дієтичним і низькокалорійним продуктом.

Свіжовиловлених пелінгасів масою ($3,49 \pm 0,16$) кг в кількості 24 особини після вилову оглушили і 18 з них занурили у подрібнений лід на зберігання при температурі $0 \pm 2^\circ\text{C}$ в межах терміну, визначеного ДСТУ 3326-96 (12 діб). З 6-ох рибин відібрали зразки м'язів спинки і черевця для біохімічних досліджень. У відібраному біоматеріалі визначали інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ). Його оцінювали за вмістом продуктів пероксидації, які реагують з 2-тіобарбітуровою кислотою, – ТБК-активних продуктів (ТБКАП) (Іонов І.А., 2011). Визначення цих речовин проводили в гомогенатах тканин (ТБКАП_{тнк}) та за ініціації Fe^{2+} ПОЛ (ТБКАП_{інк}). Для оцінки активності ендогенних антиоксидантів у досліджених тканинах пелінгаса використовували коефіцієнт антиоксидантної активності ($K_{\text{АОА}}$), який розраховували як відношення вихідного ПОЛ (без ініціації Fe^{2+}) до індукованого Fe^{2+} ПОЛ, оскільки в гомогенатах тканин міститься не тільки субстрат ліпопероксидації, а й компоненти АОЗ, здатні гальмувати пероксидацію ліпідів. Активність антиоксидантних ферментів супероксиддисмутази (СОД), каталази (КАТ) та глутатіонпероксидази (ГПО) визначали у гомогенатах тканин за відомими методиками [5; 6; 15]. Наступні біохімічні дослідження здійснювали на 4-у, 8-у і 12-у добу зберігання риби. Статистичну обробку отриманих результатів проводили із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення SPSS v.17 та MS Office Excel-2013 з t-тестом Стьюдента.

Виклад основного матеріалу дослідження. Після зупинки кровообігу починаються посмертні зміни тканин, що характеризуються інтенсифікацією гідролітичних процесів і окиснення ліпідів. Вихідний вміст вторинних продуктів ПОЛ у спинці пелінгаса свідчить на користь високої якості використаної риби (табл. 1). Достовірне підвищення цього показника впродовж перших 4-х діб зберігання (на 50,2%) є ознакою інтенсифікації пероксидного окиснення після зупинки кровообігу.

Проте на 8-у добу досліді встановлено зменшення вмісту ТБКАП_{тнк} у спинці пелінгаса на 21,2 %. Однією з можливих причин зниження рівня цього показника з 5-ої до 8-ої доби може бути взаємодія амінокислот

Таблиця 1 – Вміст ТБКАП (нМоль/г) у спинці і черевці пелінгасу під час зберігання ($M \pm m, n = 6$)

Термін зберігання, доба	ТБКАП _{вих}		ТБКАП _{инк}	
	Спинка	Черевце	Спинка	Черевце
t	P _{1sp}	P _{1ch}	P _{2sp}	P _{2ch}
0	15,42±0,72	21,72±0,95*	41,04±0,19	65,73±0,31**
4	23,16±1,12	33,45±1,47**	91,23±3,87	112,6±5,2**
8	18,26±0,89	44,25±1,98**	103,3±4,9	141,8±6,9**
12	25,73±1,19	91,29±4,34**	132,8±6,7	397,3±18,3**
Середнє значення	20,64±0,98	47,68±2,27**	92,08±4,37	179,4±8,9**
Коефіцієнт варіації, %	22,58	63,96	41,56	82,89

Примітка: різниця достовірна відносно спинки пелінгасу: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$.

білків з карбонільними сполуками, якими є вторинні продукти ПОЛ, з утворенням основ Шиффа [14]. І хоча на кінцевому проміжку дослідження спостерігалось достовірне підвищення вмісту вторинних продуктів ПОЛ (на 40,9%), у цілому вміст ТБКАП для спинки пелінгасу є достатньо сталим показником з невисоким коефіцієнтом варіації.

У черевці пелінгасу стартовий рівень вторинних продуктів ПОЛ на 40,9 % вищий за відповідний показник спинки цієї риби. Проте набагато суттєвішими є відмінності динаміки цього показника: тільки на першому проміжку часу до 4-ої доби спостерігалось синхронне підвищення вмісту ТБКАП для спинки і черевця (на 54,0%). З 5-ої до 8-ої доби швидкість накопичення вторинних продуктів ПОЛ у черевці дещо уповільнилась, але на відміну від спинки спостерігалось подальше зростання вмісту ТБКАП_{вих} (на 32,3%). З 9-ої до 12-ої доби цей показник черевця збільшився у 2,06 рази і наприкінці дослідження вміст ТБКАП_{вих} перевищив відповідне вихідне значення у 4,20 рази. За середнім рівнем впродовж дослідження вміст ТБКАП_{вих} у черевці перевищує відповідний показник спинки пелінгасу в 2,31 рази, а за коефіцієнтом варіації – у 2,83. Ця динаміка ТБКАП_{вих} узгоджується з результатами [1]. Така активізація процесів пероксидного окиснення в черевці, безсумнівно, передбачає високий вміст ліпідів у цих тканинах, у тому числі й ненасичених, адже саме НЖК є головним субстратом ліпопероксидації.

Результати кореляційного аналізу динаміки вмісту ТБКАП_{вих} у спинці і черевці пелінгасу під час зберігання доводять відсутність достовірного кореляційного зв'язку динаміки цих показників. Окрім того, дуже тісний позитивний зв'язок ТБКАП_{вих} з часом у черевці ($r = 0,929, \gamma \leq 0,1$) свідчить про достовірну тенденцію до зростання цього показника впродовж дослідження.

Якщо досліджений вміст ТБКАП_{вих} у спинці й черевці пелінгасу характеризує рівень накопичення кінцевих продуктів ліпопероксидації і визначає якість риби, то вміст ТБКАП_{инк} за ініціації ПОЛ феррум сульфатом (II) дозволяє встановити доцільність подальшого зберігання цієї сировини, оскільки зниження активності високо- і низькомолекулярних антиоксидантів під час зберігання сприяє подальшому прискоренню окисного псування риби.

Рівень ТБКАП_{инк} визначається, з одного боку, активністю антиоксидантних ферментів і низькомо-

лекулярних антиоксидантів, а з іншого – вмістом і просторовою конфігурацією субстрату ліпопероксидації НЖК. Відомо, що початкові стадії дозрівання риби супроводжуються підвищенням доступності до атаки активними формами Оксигену (АФО) подвійних зв'язків НЖК [12]. Проте подальші зміни зумовлюють таку просторову модифікацію цих кислот, унаслідок якої α -положення подвійних зв'язків, за яким у першу чергу відбувається окиснення, стає екранованим для атаки АФО. Співвідношення всіх цих факторів і визначає в кінцевому рахунку рівень інтенсифікації ПОЛ при внесенні в реакційне середовище розчину FeSO₄.

Результатами експерименту доведено, що вміст ТБКАП_{инк} для спинки і черевця пелінгасу має чітко виражену тканинну специфічність як за рівнем (середній вміст ТБКАП_{инк} у черевці в 1,95 рази вищий), так і за мінливістю (коефіцієнт варіації цього показника для черевця в 1,99 рази вищий, ніж для ТБКАП_{инк} спинки пелінгасу). Окрім того, для спинки ТБКАП_{инк} достовірно зростає у часі ($r = 0,970, \gamma \leq 0,05$), а для черевця цей зв'язок не прослідковується.

Порівняльний аналіз динаміки K_{АОА} досліджених зразків пелінгасу доводить певну тканинну специфічність змін їх антиоксидантної активності (рис. 1). Якщо на початку дослідження цей показник спинки на 12,0 % перевищував відповідний показник черевця, то надалі впродовж перших 8-ми діб зберігання спостерігалось достовірне зниження K_{АОА} спинки у 2,12 рази до мінімального рівня і лише наприкінці дослідження цей показник спинки стабілізувався.

K_{АОА} черевця, навпаки, впродовж 8-ми діб утримувався на сталому рівні і тільки з 9-ої доби відбулось достовірне зниження цього показника на 26,3%. Результати кореляційного аналізу свідчать про достовірне зниження у часі K_{АОА} спинки пелінгасу ($r = 0,893, \gamma \leq 0,10$), що стосується K_{АОА} черевця, то цей зв'язок утримується лише на рівні тенденції до зниження в часі.

Причиною встановлених відмінностей динаміки K_{АОА} може бути тканинна специфічність активності антиоксидантних ферментів, адже саме ці сполуки є найбільш потужними антиоксидантами будь-яких тканин тваринного організму.

Ферменти риб відіграють виключно важливу роль у процесах, що відбуваються після зупинки кровообігу у всіх тканинах і органах риб, також при різних способах переробки рибної сировини. Відомо, що

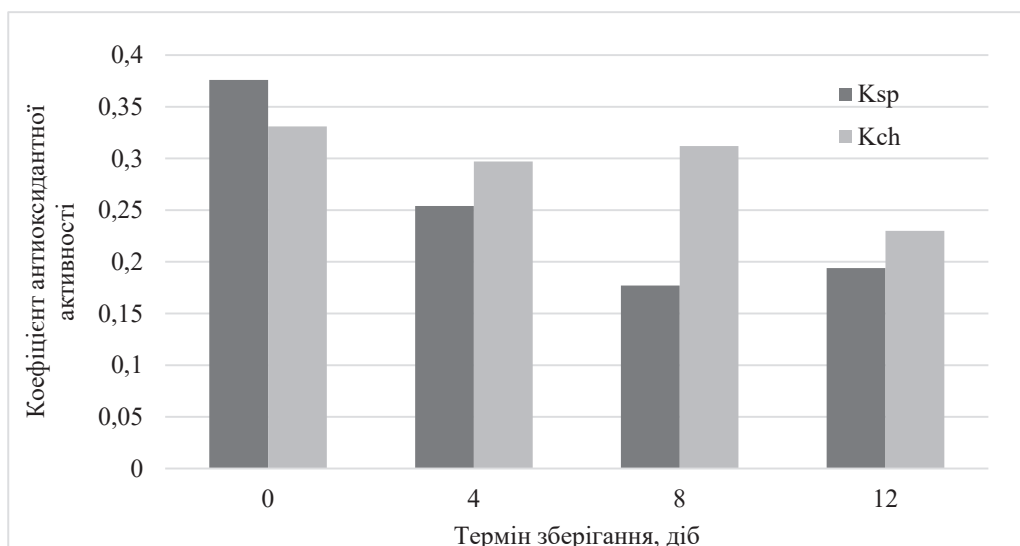


Рисунок 1 – Динаміка K_{AOA} у спинці (K_{sp}) і черевці (K_{ch}) пелінгасу при зберіганні в охолодженому стані цілих тушок

зниження температури інактивує ферментативні процеси в клітинах. Втім, протеолітичні та ліполітичні ферменти можуть проявляти свою активність навіть за температури -20°C [8]. Так, активність α -глюкозидази у філе риби за тривалого зберігання при температурі -22°C не тільки не знизилася, а навіть збільшилася майже в 3 рази. В дослідженнях Pilar Hernandez зафіксовано збільшення активності ліполітичних ферментів в м'ясі свиней при зберіганні за температури -18°C [10]. Однак найбільшого значення у формуванні споживчих властивостей рибної продукції на початку дозрівання мають саме окисно-відновні і гідролітичні ферменти. Активність ключового ферменту АОЗ СОД у тканинах ссавців і риб після зупинки кровообігу дуже варіює.

Результатами проведених досліджень доведено, що вихідна СОД-активність у спинці пелінгасу на рівні середнього значення цього показника за весь період експерименту (рис. 2). Подальші коливання СОД-активності впродовж наступних 8-ми днів незначні і тільки наприкінці досліду відмічено зниження активності ферменту на 23,2%. Така динаміка СОД-активності в спинці пелінгасу характеризується дуже низьким коефіцієнтом варіації ($v = 10,84\%$). Черевце відрізняється на 18,9% вищим середнім рівнем СОД-активності і більшою мінливістю цього показника ($v = 19,72\%$). Отже, результати проведених досліджень підтверджують достатньо високий рівень СОД-активності в обох тканинах, що зберігається й після зупинки кровообігу.

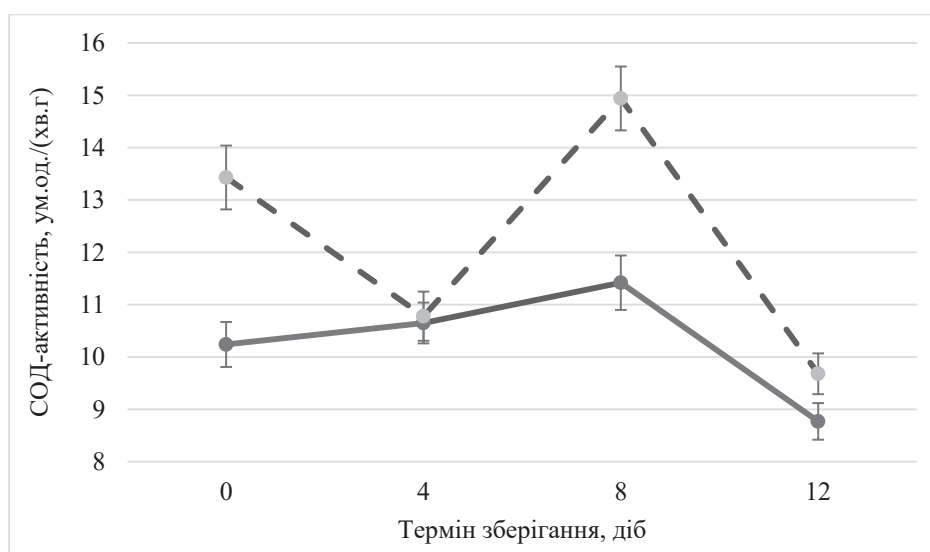


Рисунок 2 – Динаміка СОД-активності (Y_1) при зберіганні м'яса риби: — — — спинка пелінгасу, - - - черевце пелінгасу

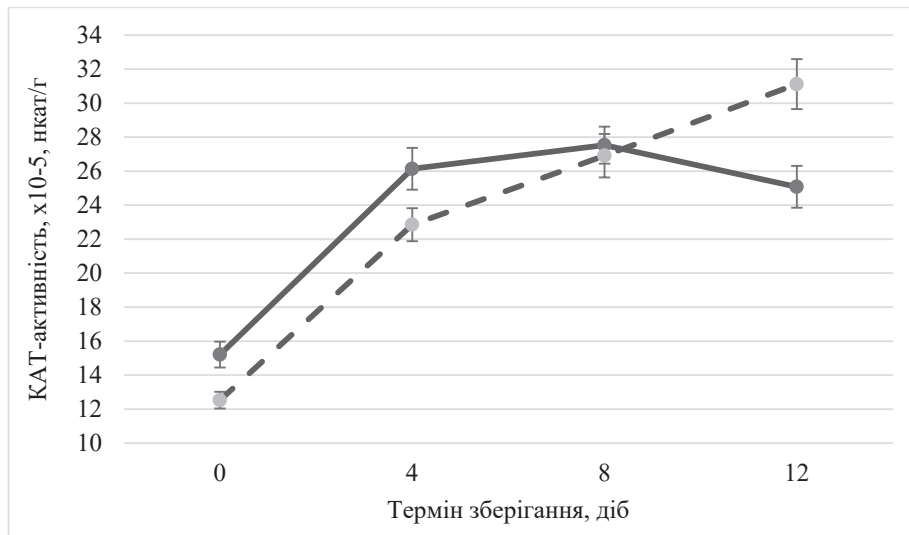


Рисунок 3 – Динаміка КАТ-активності (Y₂) при зберіганні риби:
 — — спинка пелінгасу, - - - черевце пелінгасу

Стартове значення КАТ-активності черевця пелінгасу на 17,6% поступило відповідному показнику спинки, але за середнім рівнем активності цього ферменту впродовж дослідження спинка і черевце пелінгасу не відрізнялись (рис. 3).

За коефіцієнтом варіації КАТ-активність черевця на 42,9% перевищила відповідний показник спинки пелінгасу. Окрім того, коефіцієнт кореляції КАТ-активності черевця з часом ($r = 0,970, \gamma \leq 0,05$), свідчить, що динаміка активності цього ферменту черевця впродовж дослідження мала тенденцію до зростання, адже за 12 днів дослідження КАТ-активність у тканинах черевця збільшилась у 2,47 рази, а спинки – в 1,76.

Зміни ГПО-активності спинки і черевця в межах дослідження (рис. 4) є найбільш тканиннспецифічними: коефіцієнт кореляції динаміки цього ферменту

досліджених тканин статистично не достовірний ($r = -0,317, \gamma = 0,683$).

Якщо активність цього ферменту для спинки достовірно спадає впродовж дослідження ($r = -0,855, \gamma \leq 0,10$), то в черевці ГПО-активність має навіть слабку тенденцію до зростання. Проте за середнім рівнем цього показника черевце і спинка достовірно не відрізнялись, а за мінливістю ГПО-активності спинка і черевце теж практично співпадали ($v = 16,65\%$ і $16,17\%$).

Висновки. Отже, у черевці пелінгасу процеси дезактивації ендогенних антиоксидантів розпочинаються тільки наприкінці дослідження (з 9-ої доби). Причиною сталої антиоксидантної активності у черевці впродовж перших 8-ми днів зберігання, ймовірно, є вища, ніж у спинці активність ферментативної складової антиоксидантного захисту, у першу чергу, головного антиоксидантного ферменту СОД.

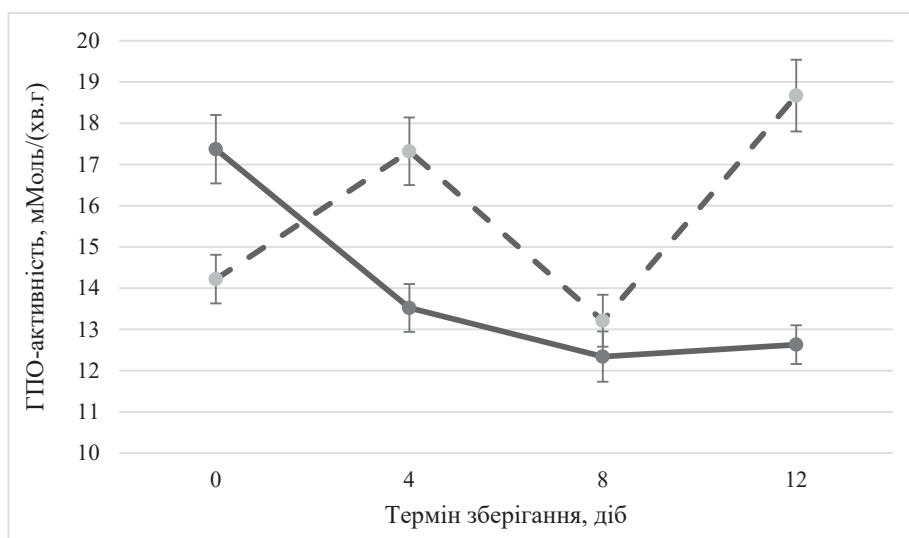


Рисунок 4 – Динаміка ГПО-активності (Y₃) при зберіганні риби:
 — — спинка пелінгасу, - - - черевце пелінгасу

У спинці пелінгасу дезактивація антиоксидантної системи розпочалась відразу після зупинки кровообігу. Втім, нижчий рівень процесів пероксидного окиснення ліпідів у спинці, що підтверджується достовірно меншим умістом ТБКАП_{вих} впродовж усього досліджу, доводить слабший пошкоджуючий вплив процесів пероксидного окиснення на харчову цінність спинки пелінгасу.

Для з'ясування причини такої різниці окисного псування м'язових тканин пелінгасу потрібно, в першу чергу, провести порівняльний аналіз жирнокислотного складу ліпідів спинки і черевця, оскільки саме жирні кислоти є головним субстратом ліпопероксидації.

Таким чином, результати проведених досліджень свідчать, що при зберіганні тушок пелінгасу за температури 0-2°C впродовж терміну, зазначеного ДСТУ, активізація процесів пероксидного окиснення ліпідів, має певну тканинну специфічність. Більш прискореним є накопичення продуктів ПОЛ у черевці. У спинці пелінгасу вміст вторинних продуктів ПОЛ у 3,55 рази менший. Втім, зважаючи на високу активність всіх трьох досліджуваних антиоксидантних ферментів у черевці пелінгасу, можна зробити висновок, що якість даного продукту при зберіганні його за температурного режиму 0-2°C навіть після 12 діб залишається на достатньому рівні, що може сприяти його широкому розповсюдженню, та значному попиту серед споживачів.

Список використаних джерел:

1. Данченко О. О., Яковійчук О. В., Здоровцева Л. М., Данченко М. М., Майборода Д. О. Особливості процесів пероксидного окиснення та змін жирнокислотного складу ліпідів сьомги при зберіганні. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2018. Вип. 8. Том 2. DOI: <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2018-2-54>
2. Іонов І. А. Критерії та методи контролю метаболізму в організмі тварин та птахів. Харків : Інститут тваринництва НААН, 2011. С. 224–225.
3. Сабодаш В. М., Семененк Л. І. Еколого-біологічні основи акліматизації далекосхідної кефалі-пелінгаса (*Mugil SO-IUY*) у водоймах України. *Vestnik zoologii*. 1998. Supplement № 6.
4. Abdelrahman, S. Talab and Mohamed H. Ghanem. Effects of different salt concentrations on the quality alterations and shelf-life of the grey mullet fish. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*. 2021. Vol. 25(1). P. 583–595. URL: <http://ejabf.journals.ekb.eg>
5. Abreu I. A., Cabelli D. E. Superoxide dismutase's review of the metal-associated mechanistic variations. *Biochim Biophys Acta*. 2010. Vol. 1804. № 2. P. 263–274.
6. Alptekin O. Tuckel S., Yildirim D., Alagoz D. (2010) Immobilization of catalase onto Eupergit C and its characterization. *J. Mol. Catal.* Vol. 64. № 3-4. P. 177–183.
7. Ana M. Duarte, Frederica Silva, Filipa R. Pinto, Sónia Barroso and Maria Manuel Gil. Quality Assessment of Chilled and Frozen Fish – Mini Review. *Foods*. 2020. 9, 1739. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9121739>
8. Cao, S. M. et al. Activities of Endogenous Lipase and Lipolysis Oxidation of Low-Salt Lactic Acid-Fermented Fish (*Decapterus maruadsi*). *Journal of Oleo Science*. 2018. Vol. 67. № 4. P. 445–453. DOI: <https://doi.org/10.5650/jos.ess17176>
9. Fidalgo, L. G., Simões, M. M., Casal, S., Lopes-da-Silva, J. A., Delgadillo, I., Saraiva, J. A. Enhanced preservation of vacuum-packaged Atlantic salmon by hyperbaric storage at room temperature versus refrigeration. *Scientific Reports*. 2021. 11(1), 1668. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-81047-4>
10. Flores-Gallegos, A. C. et al. Hydrolases of Halophilic Origin With Importance for the Food Industry. *Enzymes in Food Biotechnology*. 2019. P. 197–219. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813280-7.00013-x>
11. Ines Ben Khemis, Neila Hamza and Saloua Sadok. Nutritional quality of the fresh and processed grey mullet (*Mugilidae*) products: A short review including data concerning fish from freshwater. *Aquat. Living Resour.* 2019. 3. DOI: <https://doi.org/10.1051/alr/2018026>
12. Jéssica Tavares, Ana Martins, Liliana G. Fidalgo, Vasco Lima, Renata A. Amaral, Carlos A. Pinto, Ana M. Silva and Jorge A. Saraiva. Fresh Fish Degradation and Advances in Preservation Using Physical Emerging Technologies. *Foods*. 2021. 10, 780. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10040780>
13. Keys, D. R., Lowder, A. C., Mireles DeWitt, C. A. Conditions for the effective chilling of fish using a nano-sized ice slurry. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2018. 42(3), e13564. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.13564>
14. Lianxin Geng, Kunlun Liu and Huiyan Zhang. Lipid oxidation in foods and its implications on proteins. *Frontiers in Nutrition*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1192199>
15. Lubos, E. Glutathione peroxidase-1 in health and disease: from molecular mechanisms to therapeutic opportunities / E. Lubos, J. Loscalzo, D. E. Handy. *Antioxid Redox Signal*. 2011. Vol. 15. № 7. P. 1957–1997.
16. Malik, I. A., Elgasim, E. A., Adiamo, O. Q., Ali, A. A., Mohamed Ahmed I. A. Effect of frozen storage on the biochemical composition of five commercial freshwater fish species from River Nile, Sudan. *Food Sci Nutr*. 2021. 9: 3758–3767. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2340>
17. Mason, R. P., Sherratt, S. C. Omega-3 fatty acid fish oil dietary supplements contain saturated fats and oxidized lipids that may interfere with their intended biological benefits. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2017. 483(1), 425–429.
18. Mathew, S., Raman, M., Parameswaran, M. K., Rajan, D. P. *Fish and fishery products analysis: a theoretical and practical perspective*. Singapore : Springer Nature, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-981-32-9574-2>
19. Naho Nakazawa, Emiko Okazaki. Recent research on factors influencing the quality of frozen seafood Fisheries Science. 2020. 86: 231–244. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12562-020-01402-8>
20. Tacon, A. G., Metian, M. Food matters: fish, income, and food supply: a comparative analysis. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 2018. 26(1), 15–28. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/23308249.2017.1328659>

21. Wright, M. H., Matthews, B., Arnold, M. S. J., Greene, A. C., Cock, I. E. The prevention of fish spoilage by high antioxidant Australian culinary plants: shewanella putrefaciens growth inhibition. *International Journal of Food Science & Technology*. 2016. 51(3), 801–813. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.13026>

References:

1. Danchenko, O. O., Yakovijchuk, O. V., Zdorovtceva, L. M., Danchenko, M. M., Majboroda, D. O. (2018) Osoblyvosti procesiv peroksydnogo okysnennya ta zmin zhymokyslotnogo skladu lipidiv somgy pry zberiganni. *Naukovyj visnyk TDAU*, vol. 8, no. 2. DOI: <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2018-2-54>
2. Ionov, I. A. (2011) Kriterii i metody kontroliia metabolizma v organizme zhivotnykh i ptits. Kharkov: Institut zhivotnovodstva NAAN, pp. 224–225.
3. Sabodash, V. M., Semenenko, L. I. (1998) Ekologo-biologichni osnovy aklimatyzaciyi dalekosxidnoyi kefalipelingasa (Mugal SO-IUY) u vodojmax Ukrainy. *Vestnik zoologii*. Supplement, no. 6.
4. Abdelrahman, S. Talab and Mohamed H. Ghanem (2021) Effects of different salt concentrations on the quality alterations and shelf-life of the grey mullet fish. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, vol. 25(1): 583–595. Available at: <http://ejabf.journals.ekb.eg>
5. Abreu, I. A., Cabelli, D. E. (2010) Superoxide dismutase's review of the metal-associated mechanistic variations. *Biochim Biophys Acta*, vol. 1804, no. 2, pp. 263–274.
6. Alptekin, O., Tuekel, S., Yildirim, D., Alagoz, D. (2010) Immobilization of catalase onto Eupergit C and its characterization. *J. Mol. Catal.*, vol. 64, no. 3-4, pp. 177–183.
7. Ana M. Duarte, Frederica Silva, Filipa R. Pinto, Sónia Barroso and Maria Manuel Gil (2020) Quality Assessment of Chilled and Frozen Fish – Mini Review. *Foods*, 9, 1739; DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9121739>
8. Cao, S. M. et al. (2018) Activities of Endogenous Lipase and Lipolysis Oxidation of Low-Salt Lactic Acid-Fermented Fish (Decapterus maruadsi). *Journal of Oleo Science*, vol. 67, no. 4, pp. 445–453. DOI: <https://doi.org/10.5650/jos.ess17176>
9. Fidalgo, L. G., Simões, M. M., Casal, S., Lopes-da-Silva, J. A., Delgadillo, I., & Saraiva, J. A. (2021) Enhanced preservation of vacuum-packaged Atlantic salmon by hyperbaric storage at room temperature versus efrigeration. *Scientific Reports*, 11(1), 1668. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-81047-4>
10. Flores-Gallegos, A. C. et al. (2019) Hydrolases of Halophilic Origin with Importance for the Food Industry. *Enzymes in Food Biotechnology*, pp. 197–219. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813280-7.00013-x>
11. Ines Ben Khemis, Neila Hamza and Saloua Sadok (2019) Nutritional quality of the fresh and processed grey mullet (Mugilidae) products: A short review including data concerning fish from freshwater. *Aquat. Living Resour*, 3. DOI: <https://doi.org/10.1051/alr/2018026>
12. Jéssica Tavares, Ana Martins, Liliana G. Fidalgo, Vasco Lima, Renata A. Amaral, Carlos A. Pinto, Ana M. Silva and Jorge A. Saraiva (2021) Fresh Fish Degradation and Advances in Preservation Using Physical Emerging Technologies. *Foods*. 10, 780. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10040780>
13. Keys, D. R., Lowder, A. C., & Mireles DeWitt, C. A. (2018) Conditions for the effective chilling of fish using a nano-sized ice slurry. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(3), e13564. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.13564>
14. Lianxin Geng, Kunlun Liu and Huiyan Zhang (2023). Lipid oxidation in foods and its implications on proteins. *Frontiers in Nutrition*. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1192199>
15. Lubos E., Loscalzo J., Handy D. E. (2011) Glutathione peroxidase-1 in health and disease: from molecular mechanisms to therapeutic opportunities. *Antioxid Redox Signal*, vol. 15, no. 7, pp. 1957–1997.
16. Malik, I. A., Elgasim, E. A., Adiamo, O. Q., Ali, A. A., Mohamed Ahmed I. A. (2021) Effect of frozen storage on the biochemical composition of five commercial freshwater fish species from River Nile, Sudan. *Food Sci Nutr.*, 9: 3758–3767. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2340>
17. Mason, R. P., & Sherratt, S. C. (2017) Omega-3 fatty acid fish oil dietary supplements contain saturated fats and oxidized lipids that may interfere with their intended biological benefits. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 483(1), 425–429.
18. Mathew, S., Raman, M., Parameswaran, M. K., & Rajan, D. P. (2019) *Fish and fishery products analysis: a theoretical and practical perspective* Singapore: Springer Nature. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-981-32-9574-2>
19. Naho Nakazawa, Emiko Okazaki (2020) Recent research on factors influencing the quality of frozen seafood. *Fisheries Science*, 86: 231–244. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12562-020-01402-8>
20. Tacon, A. G., & Metian, M. (2018) Food matters: fish, income, and food supply: a comparative analysis. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(1), 15–28. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/23308249.2017.1328659>
21. Wright, M. H., Matthews, B., Arnold, M. S. J., Greene, A. C., & Cock, I. E. (2016) The prevention of fish spoilage by high antioxidant Australian culinary plants: shewanella putrefaciens growth inhibition. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(3), 801–813. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.13026>

Olesia Priss, Marina Serdyuk, Tetiana Kolisnychenko,
Mykola Danchenko, Liubov Zdorovtseva
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

FEATURES OF OXIDATIVE DETERIORATION OF PELINGAS TISSUES DURING STORAGE IN A CHILLED STATE

It is known that the processes of oxidative spoilage of fish largely depend on both the fat content and its unsaturation in its tissues, and the activity of endogenous antioxidants. The purpose of this study was to find out the specifics of oxidative deterioration of pelingas tissues with different fat content during refrigerated storage. A comparative analysis of the oxidative deterioration of the tissues of the back and abdomen during refrigerated storage of whole carcasses of this fish was carried out. To assess the level of oxidative deterioration, the dynamics of the content of end products of lipoperoxidation and the activity of antioxidant enzymes (superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase) were analyzed within the storage period defined by DSTU 3326-96 (12 days). The results of the conducted research proved that during the storage of pelingas carcasses at a temperature of 0-2°C for the specified period, the activation of lipid peroxidation processes was characterized by a certain tissue specificity. It was found that in the back of the Pelingas an increase in the content of the end products of lipoperoxidation and, accordingly, the deactivation of the antioxidant system was established immediately after the blood circulation was stopped. In the stomach of pelingas, the processes of deactivation of endogenous antioxidants began only on the 9th day of fish storage, but they were more accelerated. At the end of the experiment, the content of secondary LPO products in the back of the Pelingas is 3.55 times lower than in the abdomen. However, taking into account the high activity of all three studied antioxidant enzymes in the belly of the pelingas, it can be concluded that the quality of this product when stored at a temperature of 0-2°C even after 12 days remains at a sufficient level, which can contribute to its wide distribution and significant demand among consumers.

Key words: antioxidant enzymes, end products of lipoperoxidation, oxidative damage, pelingas, back, tummy.

Статтю подано до редакції 25.08.2023