



Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies

ISSN 2518–7554 print
ISSN 2518–1327 online

doi: 10.32718/nvlvet9226
http://nvlvet.com.ua

UDC 619: 639.2.09; 639.3.09

Toxic and biological evaluation of frozen fish meat in the presence of antibiotic residues

Z.V. Malimon¹, M.D. Kukhtyn², Y.B. Perkiy³

¹State Research Institute for Laboratory Diagnostics and Veterinary and Sanitary Expertise, Kyiv, Ukraine

²Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Department of Food Technologies, Ternopil, Ukraine

³Ternopil Experimental Station of the Institute of Veterinary Medicine NAAS, Ternopil, Ukraine

Article info

Received 23.10.2018

Received in revised form
23.11.2018

Accepted 26.11.2018

State Research Institute for
Laboratory Diagnostics and
Veterinary and Sanitary Expertise,
Donetska, Str.,30, Kyiv,
02000, Ukraine.
E-mail: z_malimon@ukr.net

Ternopil Ivan Puluj National
Technical University, Department
of Food Technologies,
Ruska Str., 56, Ternopil,
46001, Ukraine.
Tel.: +38-097-23-92-057
E-mail: kuchtynic@gmail.com

Ternopil Experimental Station of
the Institute of Veterinary Medicine
NAAS, Troleibusna, Str., 12,
Ternopil, 46027, Ukraine.
E-mail: yperkiy@ukr.net

Malimon, Z.V., Kukhtyn, M.D., & Perkiy, Y.B. (2018). Toxic and biological evaluation of frozen fish meat in the presence of antibiotic residues. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, 20(92), 125–129. doi: 10.32718/nvlvet9226

Nowadays antimicrobial drugs of different pharmacologic classes are widely used in aquaculture all over the world. Therefore, in accordance with EU Regulation 37/2010 “On pharmacologically active substances and their classification in regard to maximum allowable amounts in nourishing food of animal origin”, there are certain amount of antimicrobial drugs acceptable in fish. The aim of the work was to determine toxico-biological assessment of flesh of frozen fish where there are residues of antimicrobial drugs on the culture of infusorias *Tetrachymena pyriformis*. The availability of residual amounts of antimicrobial drugs was carried out by screening method for antibiotics in products of animal origin PX/MC/MC and microbiological method. Toxico-biological assessment of flesh of frozen fish was determined in accordance with “Methodological recommendations on toxico-biological assessment of flesh, flesh products and milk with infusoria *Tetrachymena pyriformis*”. It was found that samples of frozen fish containing residues of antimicrobial drugs of aminoglycosides, penicillic and fluoroquinolonic class were not toxic for *Tetrachymena pyriformis* cultures. Since infusorias were active, natural movement – progressive and circular, inhibition of growth or change of body shape were not showed compared to infusorias within control group. It was shown that in the fish flesh with residues of tetracycline antibiotics, there was observed the inhibition of growth and decreased activity and mobility of infusorias *Tetrachymena pyriformis* up to 20% compared to control without antibiotics. However, unnatural movements (affected or oscillatory) and pathological changes in the shape of infusoria cultures were not detected. This flesh fish was characterized as moderate toxic. It was stated that relative biological value of frozen fish flesh with antibiotic residues of aminoglycosides, and fluoroquinolonic class was lower by 0,27–0,73% compared to relative biological value of control fish flesh without antibiotics. At the same time relative biological value of fish flesh with the presence of residues of tetracycline antibiotics was by 4.12% lower compared to control fish flesh. Consequently, conducted studies indicate the need to control the residues of antimicrobial drugs in frozen fish which is imported to Ukraine. In case of detection the exceeding permissible amount of antibiotic residues in frozen fish it should be discarded, as it exhibits a moderately toxic effect.

Key words: toxicity, relative biological value, frozen fish, residues of antibacterial preparations, *Tetrachymena pyriformis*.

Токсико-біологічна оцінка м'яса замороженої риби за наявності залишків антибактеріальних препаратів

З.В. Малімон¹, М.Д. Кухтин², Ю.Б. Перкій³

¹Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи, м. Київ, Україна

²Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна

³Тернопільська дослідна станція Інституту ветеринарної медицини НААН, м. Тернопіль, Україна

Досі в аквакультури у світі широко застосовують антибактеріальні препарати різних фармакологічних груп. Саме тому згідно з Регламентом ЄС 37/2010 “Про фармакологічно активні речовини та їх класифікацію відносно максимально допустимих кількостей у харчових продуктах тваринного походження” у риби допускається певна кількість антибактеріальних препаратів. Метою роботи було провести токсико-біологічну оцінку м'яса замороженої риби за наявності у ній залишкових кількостей антибактеріальних препаратів на культурах інфузорій *Tetrachylena pyriformis*. Наявність залишкових кількостей антибактеріальних препаратів визначали скринінговим методом визначення антибіотиків у продукції тваринного походження РХ/МС/МС та мікробіологічним методом. Токсико-біологічну оцінку м'яса замороженої риби визначали згідно з “Методичними рекомендаціями з токсико-біологічної оцінки м'яса, м'ясних продуктів і молока з використанням інфузорії *Tetrachylena pyriformis*”. Встановлено, що проби замороженої риби з вмістом залишків антибактеріальних препаратів: аміноглікозидів, пеніцилінової і фторхінолонової груп були нетоксичними для культур *Tetrachylena pyriformis*. Інфузорії були активними, їхній рух – природно-поступальний колоподібний, пригнічення росту чи змін форм тіла також не виявляли порівняно з інфузоріями у контрольній групі. Виявлено, що у м'ясі риби з вмістом залишків антибіотиків тетрациклінової групи виявили пригнічення росту та зниження активності й рухливості (до 20%) інфузорій *Tetrachylena pyriformis* порівняно з контрольними зразками риби без антибіотиків. Однак неприродних рухів (маневрих чи коливальних) та патологічних змін у формі культур інфузорій не виявляли. Дане м'ясо замороженої риби нами було охарактеризоване як помірно токсичне. Встановлено, що відносна біологічна цінність м'яса замороженої риби з вмістом залишків антибіотиків: аміноглікозидів, пеніцилінової і фторхінолонової груп виявилася нижчою (на 0,27–0,73%) порівняно з відносною біологічною цінністю м'яса контрольних зразків риби без антибіотиків. Водночас відносна біологічна цінність м'яса риби з наявністю залишків антибіотиків тетрациклінової групи виявилася на 4,12% зменшеною порівняно з м'ясом контрольних зразків риби. Отже, експериментальні дослідження вказують на необхідність проведення контролю залишкових кількостей антибактеріальних препаратів у замороженій рибі, яка імпортується в Україну. У разі виявлення перевищення допустимих рівнів залишкових кількостей антибактеріальних препаратів у замороженій рибі таку рибу необхідно вибракувати, оскільки вона має помірно токсичну дію.

Ключові слова: риба заморожена, залишки антибактеріальних препаратів, токсичність, біологічна цінність, *Tetrachylena pyriformis*.

Вступ

Збільшення кількості населення планети вимагає підвищення продуктивності тварин, птиці та риби за короткий період часу, що можливо досягти завдяки застосуванню інтенсивних технологій у агропромисловому комплексі. Виробництво сировини і продуктів харчування за інтенсивними технологіями неможливе без застосування стимуляторів росту, консервантів, антиоксидантів та антибактеріальних препаратів для профілактики різних захворювань (Kosenko et al., 2002; Kovalenko et al., 2018).

Галузь рибиництва відіграє важливу роль у забезпеченні населення біологічно повноцінними легкозасвоюваними білками (Usyduš et al., 2008). Проте нині в аквакультури у світі широко застосовують антибактеріальні препарати різних фармакологічних груп. Тому згідно з Регламентом ЄС 37/2010 “Про фармакологічно активні речовини та їх класифікацію відносно максимально допустимих кількостей в харчових продуктах тваринного походження” у риби допускається певна кількість антибактеріальних препаратів. Разом із тим виробники не завжди дотримуються терміну каренції антибіотиків у риби після останнього застосування, як наслідок цього у м'язах риби виявляють кількість цих препаратів, яка перевищує МДР (Samanidou and Evagelopoulou, 2007; Akinbowale et al., 2007; Rico et al., 2012; Bayer et al., 2017; Grynevych et al., 2018). Залишки антибактеріальних препаратів у харчових продуктах негативно впливають на організм споживачів, спричиняючи різні алергічні стани та порушують мікробіоценоз травного тракту (Bhowmick et al., 2008; Grigorakis and Rigos, 2011; Kukhtyn et al., 2017; Kozlovska et al., 2018). Крім того, у процесі постійного надходження антибактеріальних препаратів із харчовими продуктами в кишечнику людини формуються антибіотикорезистентні штами мікроорганізмів (Perin et al., 2014).

Визначити безпосередній токсичний вплив залишків антибактеріальних препаратів, які наявні в харчових продуктах, на живі об'єкти та визначити їх біологічну цінність дозволяє метод біологічної оцінки з використанням простіших, зокрема інфузорій *Tetrachylena pyriformis* (Lemesh et al., 1997).

Метою роботи було провести токсико-біологічну оцінку м'яса замороженої риби за наявності у ній залишків антибактеріальних препаратів на культурах інфузорій *Tetrachylena pyriformis*.

Матеріали та методи досліджень. Робота виконана в Державному науково-дослідному інституті з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи (ДНДЛДВСЕ) та Тернопільській дослідній станції Інституту ветеринарної медицини НААН.

Наявність залишкових кількостей антибактеріальних препаратів визначали скринінговим методом з визначення антибіотиків у продукції тваринного походження РХ/МС/МС та мікробіологічним методом (Novozhytska et al., 2014).

Токсико-біологічну оцінку м'яса замороженої риби проводили згідно з “Методичними рекомендаціями з токсико-біологічної оцінки м'яса, м'ясних продуктів і молока з використанням інфузорії *Tetrachylena pyriformis* піріформіс (експрес метод)” (Lemesh et al., 1997). У дослідженнях використовували лабораторний штам інфузорій *Tetrachylena pyriformis* W-14. Відносну біологічну цінність м'яса замороженої риби визначали за формулою:

$$ВБЦ = \frac{I_d}{I_k} \times 100,$$

де ВБЦ – відносна біологічна цінність м'яса; I_d – кількість інфузорій в середовищі дослідної проби; I_k – кількість інфузорій в середовищі контрольної проби.

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали за загальнодовизначеними методами варіаційної статистики з використанням програми Statistic 7. Використовували непараметричні методи досліджень (критерій Уїлкоксона, Манна-Уїтні). Визначали сере-

дне арифметичне – M , стандартну похибку середньої величини – $M \pm m$. Різницю між порівнюваними величинами вважали достовірною при $P \leq 0,05$ і більше.

Результати та їх обговорення

Проведеним нами аналізом встановлено, що заморожена риба, яка імпортується на український ринок, не досліджується на наявність залишків антибактеріальних препаратів.

У замороженій рибі виявлено залишкові кількості антибактеріальних препаратів різних фармакологічних груп, зокрема: тетрациклінової, пеніцилінової, фторхінолонової та аміноглікозидів. Враховуючи отримані дані, було проведено токсикологічну оцінку м'яса замороженої риби за наявності у ній антибіотиків на культурах інфузорій *Tetrachymena pyriformis*. Результати дослідження наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Токсичність м'яса замороженої риби за наявності у ній залишків кількостей антибактеріальних препаратів різних фармакологічних груп, $M \pm m$, $n = 15$

Об'єкт дослідження	Залишкова кількість анти бактеріальних препаратів у рибі, мкг/кг	Оцінка активності та форми культур <i>Tetrachymena pyriformis</i> , бали			
		активність та рухливість	неприродні рухи	пригніченість росту	зміна форми
Риба без вмісту залишків антибактеріальних препаратів (контроль)	Не виявлено	0	0	0	0
Риба з вмістом антибіотиків тетрациклінової групи	112,5 ± 7,2	1	0	1	0
Риба з вмістом антибіотиків аміноглікозидів	95,1 ± 7,5	0	0	0	0
Риба з вмістом антибіотиків пеніцилінової групи	24,1 ± 2,0	0	0	0	0
Риба з вмістом препаратів фторхінолонової групи	98,7 ± 7,6	0	0	0	0

Примітки. "0" балів – ознаки притаманні культурі *Tetrachymena pyriformis* у нормі; "1 – 4" – бали міри токсичності, де "1" – найменша міра токсичності: пригнічення росту, активності та рухливості інфузорій до 20% культур; "4" – найвища міра токсичності: зниження розмноження інфузорій на 50% і більше, зміна форми (наявність цист, деформованих клітин)

Як видно з даних табл. 1, проби замороженої риби із вмістом залишків антибактеріальних препаратів аміноглікозидів, пеніцилінової і фторхінолонової груп були нетоксичними для культур *Tetrachymena pyriformis*. Оскільки інфузорії були активними, їхній рух – природно – поступальний колоподібний, пригнічення росту чи змін форми тіла також не виявляли порівняно з інфузоріями у контрольній групі. Водночас у м'ясі риби з вмістом антибіотиків тетрациклінової групи встановили пригнічення росту та зниження активності й рухливості (до 20%) інфузорій *Tetrachymena pyriformis* порівняно з контрольними зразками риби без вмісту антибіотиків. Однак неприродних

рухів (манежних чи коливальних) та патологічних змін у формі культур інфузорій не виявляли. Дослідне м'ясо замороженої риби, за результатами досліджень згідно з "Методичними рекомендаціями з токсикологічної оцінки м'яса, м'ясних продуктів і молока з використанням інфузорії *Tetrahymena pyriformis*" (експрес-метод) (Lemesh et al., 1997) нами було охарактеризоване як помірно токсичне.

У табл. 2 наведено результати досліджень із визначення відносної біологічної цінності м'яса замороженої риби, яка містить антибактеріальні препарати різних фармакологічних груп.

Таблиця 2

Показник відносної біологічної цінності м'яса замороженої риби за наявності у ній залишкових кількостей антибактеріальних препаратів різних фармакологічних груп, $M \pm m$, $n = 15$

Об'єкт дослідження	Залишкова кількість антибактеріальних препаратів у рибі, мкг/кг	Кількість живих інфузорій в 1см ³ середовища, шт.	Кількість загиблених інфузорій в 1см ³ середовища, шт.	Відносна біологічна цінність, %
Риба без вмісту залишків антибактеріальних препаратів (контроль)	Не виявлено	45,71 ± 0,21 × 10 ⁴	1,33 ± 0,21 × 10 ³	100
Риба з вмістом антибіотиків тетрациклінової групи	112,5 ± 7,2	43,83 ± 0,18 × 10 ⁴	4,25 ± 0,22 × 10 ³	95,88*
Риба з вмістом антибіотиків аміноглікозидів	95,1 ± 7,5	45,46 ± 0,20 × 10 ⁴	2,45 ± 0,41 × 10 ³	99,45
Риба з вмістом антибіотиків пеніцилінової групи	24,1 ± 2,0	45,38 ± 0,32 × 10 ⁴	1,84 ± 0,36 × 10 ³	99,27
Риба з вмістом препаратів фторхінолонової групи	98,7 ± 7,6	45,59 ± 0,86 × 10 ⁴	2,51 ± 0,49 × 10 ³	99,73

Примітка: * – $P < 0,05$ – порівняно з контролем

З даних табл. 2 видно, що відносна біологічна цінність м'яса замороженої риби, яка містить антибіотики аміноглікозиди, пеніцилінової і фторхінолонової груп, виявилася нижчою (на 0,27–0,73%) порівняно з відносною біологічною цінністю м'яса контрольних зразків риби без вмісту антибіотиків. Водночас відносна біологічна цінність м'яса риби з наявністю залишків антибіотиків тетрациклінової групи виявилася (на 4,12%) меншою ($P < 0,05$) порівняно з м'ясом контрольних зразків риби.

Отже, після проведення досліджень виявили, що антибіотики тетрациклінового ряду, наявні в м'ясі замороженої риби, проявляли помірну токсичність на культури *Tetrachymena pyriformis*, а відносна біологічна цінність була (на 4,12%) нижчою порівняно з контрольними зразками риби. Це, на нашу думку, пов'язано з тим, що згідно з Регламентом ЄС 37/2010 “Про фармакологічно активні речовини та їх класифікацію відносно максимально-допустимих кількостей в харчових продуктах тваринного походження” максимально допустимий рівень (МДР) антибіотиків тетрациклінового ряду у риби допускається до 100 мкг/кг. У замороженій риби, яка взята у дослід, кількість антибіотиків тетрациклінової групи становила $112,5 \pm 7,2$ мкг/кг, тобто перевищувала МДР на 12%. Очевидно, дана кількість цього антибіотика проявляла помірну токсичну дію на культури інфузорій та вірогідно знижувала біологічну цінність м'яса. Про зниження біологічної цінності м'яса курчат-бройлерів за наявності залишків антибіотиків повідомляли ряд дослідників (Palyshniuk and Tkchuk, 2016; Liniichuk et al., 2017). Однак нами не виявлено токсичного впливу на інфузорії антибіотиків інших груп, наявних в м'ясі замороженої риби, що використовувалась у досліді, ймовірно, через малу їх кількість. Так, кількість залишків антибактеріальних препаратів пеніцилінового, аміноглікозидного і фторхінолонового ряду, наявних у замороженій риби, не перевищувала максимально допустимого рівня, визначений Регламентом ЄС 37/2010.

Отже, експериментальні дослідження вказують на необхідність проведення контролю залишкових кількостей антибактеріальних препаратів у замороженій риби, яка імпортується в Україну. У разі виявлення перевищення максимально допустимих рівнів антибактеріальних препаратів у замороженій риби, таку рибу необхідно вибракувати, оскільки вона проявляє помірно токсичну дію.

Висновки

1. Встановлено, що проби замороженої риби з вмістом антибактеріальних препаратів: аміноглікозидів, пеніцилінової і фторхінолонової груп не проявляли токсичної дії на культури *Tetrachymena pyriformis*. Встановлено, що у м'ясі риби, яка містила антибактеріальні препарати тетрациклінової групи, встановлено пригнічення росту та зниження активності й рухливості у 20% інфузорій *Tetrachymena pyriformis* порівняно з контрольними зразками риби без вмісту антибіотиків.

2. Відносна біологічна цінність м'яса замороженої риби з вмістом антибактеріальних препаратів: аміноглікозидів, пеніцилінової і фторхінолонової груп була нижчою на 0,27 – 0,73% порівняно з відносною біологічною цінністю м'яса контрольних зразків риби без вмісту антибіотиків. Встановлено, що відносна біологічна цінність м'яса риби з наявністю антибактеріальних препаратів тетрациклінової групи виявилася на 4,12% зменшеною порівняно з м'ясом контрольної риби.

Перспективи подальших досліджень полягають у дослідженні складу мікрофлори замороженої риби, яка містить антибактеріальні препарати, та визначенні чутливості мікроорганізмів до антибіотиків.

References

- Akinbowale, O.L., Peng, H., & Barton, M.D. (2007). Antimicrobial resistance in bacteria isolated from aquaculture sources in Australia. *Journal of Applied Microbiology*, 100(5), 1103–1113. doi: 10.1111/j.1365-2672.2006.02812.x.
- Bayer, E.V., Novozhitskaya, Yu.N., Shevchenko, L.V., & Mykhalska, V.M. (2017). Monitoring of residues of veterinary preparations in food products. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(3), 251–257. doi: 10.15421/2017_76.
- Bhowmick, P.P., Khushiramani, R., Raghunath, P., Karunasagar, I., & Karunasagar, I. (2008). Molecular typing of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from seafood harvested along the south-west coast of India. *Lett. Appl. Microbiol.*, 46(2), 198–204. doi: 10.1111/j.1472-765X.2007.02304.x.
- Grigorakis, K., & Rigos, G. (2011). Aquaculture effects on environmental and public welfare – the case of Mediterranean mariculture. *Chemosphere*, 85(6), 899–919. doi: 10.1016/j.chemosphere.2011.07.015.
- Grynevych, N., Sliusarenko, A., Dyman, T., Sliusarenko, S., Guttyj, B., Kukhtyn, M., Hunchak, V., & Kushnir, V. (2018). Etiology and histopathological alterations in some body organs of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) at nitrite poisoning. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 402–408. doi: 10.15421/2018_228.
- Kozlovska, I., Kornaga, S., Kykhtyn, M., Horiuk, Y., & Karatieieva, S. (2018). Formation of biofilms by bacteria excreted from chronic anal fissure and the influence of the direct current electric field on them. *Georgian Med News*, 27, 12–18. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30035715>.
- Kovalenko, V.L., Kovalenko, P.L., Ponomarenko, G.V., Kukhtyn, M.D., Midyk, S. V., Horiuk, Yu. V., & Garkavenko, V.M. (2018). Changes in lipid composition of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* cells under the influence of disinfectants Barez, Biochlor and Geocide. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 402–408. doi: 10.15421/2018_248.
- Kosenko, Yu.M., Tkachenko, V.I., & Lapin, O.V. (2002). Monitorynh zalyshkiv veterynarykh preparativ u kharchovykh produktakh. *Naukovyi visnyk Lvivskoi derzhavnoi akademii veterynarnoi medytsyny*, 2(4), 5, 202–207 (in Ukrainian).

- Kukhtyn, M., Berhilevych, O., Kravcheniuk, K., Shynkaruk, O., Horiuk, Y., & Semaniuk, N. (2017). Formation of biofilms on dairy equipment and the influence of disinfectants on them. *Eastern-European journal of Enterprise Technologies*, 5(89), 26–33. doi: 10.15587/1729-4061.2017.110488.
- Lemesh, V.M., Pakhomov, P.I., Yanchenko, A.Ye., Titova, L.G., & Anisimova, N.N. (1997). Metodicheskie ukazaniya po toksiko-biologicheskoy otsenke myasa, myasnykh produktov i moloka s ispolzovaniem infuzorii *Tetrachimenes periformis* (ekspress-metod) [Methodical instructions for toxic biological evaluation of meat, meat products and milk using infusoria *Tetrachimenes periformis* (express method)] Guidelines. Vitebsk: Vitebskaya gos.akad.vet.med. i Belorusskaya nauch.-issled. inst. eksper. veterinarii (in Russian).
- Liniichuk, N.V., Yakubchak, O.M., & Halka, I.V. (2017). Osoblyvosti nakopychennia enrofloksatsynu v orhanizmi kurchat-broileriv [Accumulation specifics of enrofloxacin in organism of broiler chickens] *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Ser.: Veterynarna medytsyna, yakist i bezpeka produktii tvarynyntstva*, 273, 115 – 122. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Veterinama/article/view/10986> (in Ukrainian).
- Novozhytska, Yu.M., Ivanova, O.V., Stupak, O.M., Vasyliuk, V.V., Liniichuk, N.V., & Korostinska, N.V. (2014). Vyznachennia antybiotyktiv u produktii tvarynnoho pokhodzhennia za dopomohoiu ridynnoho khromatomas-spektrometra. Kiev, DNDILDVSE (in Ukrainian).
- Palyshniuk, K., & Tkchuk, S. (2016). The amino acid composition of broiler chickens meat after oral administration “Dankosan-50”. *Suchasne ptakhivnytstvo*, 5(6), 38–40.
- Perin, L.M., Miranda, R.O., Todorov, S.D., de Melo Franco, B.D.G., & Nero, L.A. (2014). Virulence, antibiotic resistance and biogenic amines of bacteriocinogenic lactococci and enterococci isolated from goat milk. *International journal of food microbiology*, 185, 121–126. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.06.001.
- Rico, A., Satapornvanit, K., Haque, M.M., Min, J., Nguyen, P.T., Telfer, T.C., & Van den Brink, P.J. (2012). Use of chemicals and biological products in Asian aquaculture and their potential environmental risks: a critical review. *Rev. Aquacult*, 4(2), 75–93. doi: 10.1111/j.1753-5131.2012.01062.x.
- Samanidou, V.F., & Evaggelopoulou, E.N. (2007). Analytical strategies to determine antibiotic residues in fish. *Journal of Separation Science*, 30(16), 245–252. doi: 10.1002/jssc.200700252.
- Usydus, Z., Szlinder-Richert, J., Polak-Juszczak, L., Kanderska, J., Adamczyk, M., & Malesa-Cieciewicz, M. (2008). Food of marine origin: between benefits and potential risks. *Food Chemistry*, 111(3), 556–563. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.04.018.