

УДК 641.12:639.231

*Надія БОЛІЛА*

## **БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ БІЛКА АКУЛИ КАТРАН**

*Наведено результати дослідження біологічної цінності білка м'язової тканини чорноморської акули катран (*Squalus acanthias*) порівняно з іншими видами промислових риб методом іонообмінної рідинно-колоноквої хроматографії. Проведено розрахунок амінокислотного скору білка, коефіцієнта різниці амінокислотного скору, показника надлишкового вмісту амінокислот різних видів промислових риб. Установлено високу біологічну цінність білка м'язової тканини чорноморської акули катран, що вказує на доцільність її промислу та харчового використання.*

*Ключові слова:* амінокислотний склад, акула катран, амінокислотний скор, повноцінні білки, біологічна цінність.

*Болила Н. Биологическая ценность белка черноморской акулы катран. Приведены результаты исследования биологической ценности белка мышечной ткани черноморской акулы катран (*Squalus acanthias*) в сравнении с другими видами промысловых рыб методом ионообменной жидкостно-колоночной хроматографии. Проведены расчеты аминокислотного скору белка, коэффициента разницы аминокислотного скору, показателя избыточного содержания аминокислот разных видов промысловых рыб. Определена высокая биологическая ценность белка мышечной ткани черноморской акулы катран, что подтверждает целесообразность ее промысла и пищевого использования.*

*Ключевые слова:* аминокислотный состав, акула катран, аминокислотный скор, полноценные белки, биологическая ценность.

**Постановка проблеми.** Актуальним завданням галузі рибного господарства України є збільшення обсягів виробництва рибних продуктів і зменшення імпортозалежності вітчизняного ринку. Норма споживання цього виду продуктів в Україні характеризується низьким рівнем відносно рекомендованих значень ФАО/ВОЗ. Так, у 2014 р. споживання риби та рибних продуктів становило 10.8 кг на душу населення на рік при рекомендованій нормі ФАО/ВОЗ – 20 кг.

Установлено, що під впливом сучасних факторів відбувається зміна запасів багатьох традиційно промислових риб. Разом з тим, існує потенціал збільшення обсягів вилову риби не лише на внутрішніх прісноводних водоймах України, а й у Чорному та Азовському морях [1–4]. У 2015 р. у виключній (морській) економічній зоні України було добуто 34 205 т біоресурсів. Цінною сировиною для вітчизняного ринку рибних товарів є чорноморська акула катран, безпечність харчового використання якої встановлено за комплексом проведених досліджень [5].

© Надія Боліла, 2016

За оцінками ПівденНІРО, запаси акули катран в Чорному та Азовському морях в 2015 р. становили 1232 т. Обсяг її добування в цьому ж році – 3 т, що на 147 % більше порівняно з 2014 р. Однак це надзвичайно недостатньо щодо ефективності харчового використання [2].

Саме тому актуальним завданням є системний моніторинг можливості харчового використання різних видів водних біоресурсів, перспективних напрямів їх переробки для забезпечення населення біологічно цінними рибними продуктами.

Однією із складових збалансованого та повноцінного харчування є споживання білків високої біологічної цінності з комплексом незамінних амінокислот. Відсутність однієї з амінокислот або недостатнє її надходження може призвести до порушення білкового обміну в організмі людини [1].

Доведено, що білки риби майже ідеально збалансовані за складом незамінних амінокислот, сприяють росту та розвитку молодого організму. В структурі таких білків містяться сірковмісні незамінні амінокислоти, які характеризуються високим вмістом SH-групи, завдяки чому сприяють детоксикаційній функції печінки та захищають її від деструкційних змін.

Характерною особливістю океанічних риб, порівняно з прісноводними, є більш високий вміст повноцінних білків, що коливається від 15 до 23 % і залежить від виду. Риба містить малу кількість сполучної тканини, яку представлено переважно колагеном, що забезпечує засвоюваність білків до 98 %.

Вміст незамінних амінокислот у білках м'яса риби змінюється в межах (% до кількості білка в м'ясі): аргініну – 1.7–12.8; валіну – 0.6–9.4; гістидину – 0.6–5.7; ізолейцину – 1.4–8.5; лейцину – 1.4–18.0; лізину – 1.3–14.4; метіоніну – 0.6–14.8; треоніну – 0.5–6.2; триптофану – 0.1–1.8; фенілаланіну – 0.6–14.8 [5, с. 31].

У м'язових тканинах усіх видів риби співвідношення білків різне, тому для характеристики харчової цінності рибної сировини визначають білковий якісний показник співвідношення незамінних амінокислот до замінних.

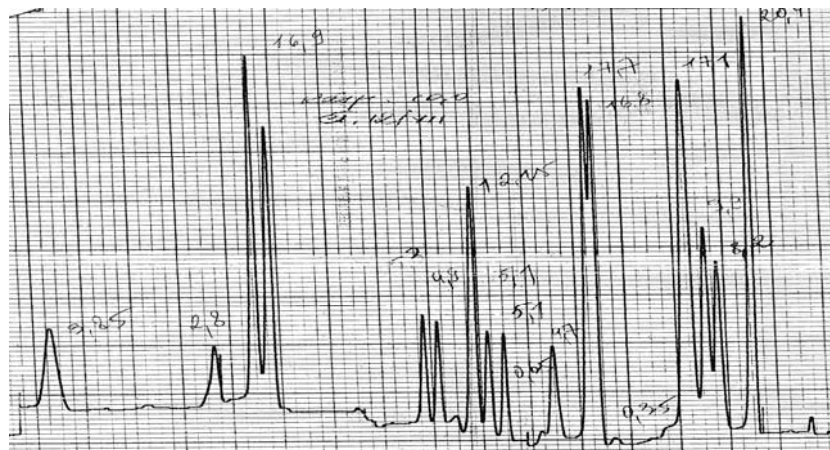
Вивченню питання білкової цінності харчових продуктів і пошуку нових джерел повноцінного білка присвячено чисельні роботи науковців і практиків галузі харчової промисловості [6–9]. Основні методи визначення біологічної цінності білків висвітлено в працях М. М. Ліпатова, О. П. Начаєва, О. В. Сидоренко, Т. К. Лебської, А. А. Дубініної та ін. Суть методу полягає у визначенні амінокислотного скору, що передбачає порівняння кожної незамінної амінокислоти досліджуваного білка з амінокислотами стандартної шкали, запропонованої ФАО/ВООЗ.

Доведено, що білки гідробіонтів характеризуються оптимальним співвідношенням замінних і незамінних амінокислот. Проте науковцями (И. Я. Клейменов, Р. А. МакКанс, Э. М. Уиддоусон) визна-

чено лише загальні показники споживної цінності чорноморської акул, що не дають повної інформації про її харчову цінність і можливість ефективного харчового використання

*Мета роботи* – дослідження біологічної цінності білків чорноморської акул катран, що є важливим критерієм оцінки її харчової цінності для обґрунтування доцільності використання у вітчизняній харчовій промисловості.

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження слугували зрілі особини самки акул катран середньої маси  $10.25 \pm 0.55$  кг, виловлені в Чорному морі поблизу о. Зміїний в осінньо-зимовий період (листопад – лютий). Відбір проб для досліджень проведено згідно з ГОСТ 7631–2008 [10]. Для визначення амінокислотного складу чорноморської акул катран застосовували метод іонообмінної рідинно-колонкової хроматографії (рисунки).



Хроматограма амінокислотного складу із застосуванням методу іонообмінної рідинно-колонкової хроматографії

Реєстрацію амінокислот проведено методом детекції нінгідридом на автоматичному аналізаторі Т 339 (Чехія). Якісний і кількісний склад амінокислот визначено, порівнюючи хроматограми стандартної та досліджуваної суміші амінокислот [11; 12].

Об'єктивну оцінку біологічної цінності білків надавали за комплексом показників: амінокислотний скор, коефіцієнт різниці амінокислотного скору (КРАС), коефіцієнт утилітарності амінокислот. Амінокислотний скор білків промислових риб визначено відповідно до шкали ФАО/ВООЗ [13; 14].

Біологічна цінність (БЦ) харчового білка – величина, зворотна щодо КРАС, і розраховується за формулою:

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}.$$

Математично-статистичну обробку результатів проведено на ЕОМ у середовищі MS Excel.

**Результати досліджень.** Аналіз структури амінокислотного складу м'яса акули катран наведено в *табл. 1*.

Таблиця 1

**Амінокислотний склад білка  
м'яса чорноморської акули катран, мг/100 г білка**

*n=5; p ≥ 0.95*

Амінокислота	Вміст	
	мг/100 г	% загальної суми АК
Валін	0.541 ± 0.023	3.68
Ізолейцин	0.509 ± 0.022	3.46
Лейцин	1.378 ± 0.059	9.39
Лізин	1.493 ± 0.068	10.17
Метіонін	0.485 ± 0.023	3.30
Треонін	0.709 ± 0.033	4.83
Фенілаланін	0.666 ± 0.029	4.53
<i>Сума незамінних АК</i>	<i>5.781 ± 0.257</i>	<i>39.36</i>
Цистин	0.120 ± 0.005	0.82
Тирозин	0.616 ± 0.027	4.19
<i>Сума умовно незамінних АК</i>	<i>0.736 ± 0.032</i>	<i>5.01</i>
Арганін	1.090 ± 0.049	7.43
Гістидин	0.359 ± 0.016	2.45
Серин	0.732 ± 0.033	4.99
Глутамінова кислота	2.579 ± 0.115	17.57
Аспарагінова кислота	1.208 ± 0.053	8.23
Пролін	0.543 ± 0.024	3.70
Гліцин	0.676 ± 0.028	4.60
Аланін	0.978 ± 0.043	6.66
<i>Сума замінних АК</i>	<i>8.165 ± 0.361</i>	<i>55.63</i>
Сума всіх амінокислот	14.682 ± 0.650	100

Доведено, що білок акули є повноцінним і характеризується набором усіх незамінних амінокислот. Серед замінних домінуючими є глутамінова й аспарагінова, аргінін, аланін і серин.

Відомо, що глутамінова кислота, вміст якої найбільший, бере участь у виведенні аміаку з організму людини та підвищує його стійкість до гіпоксії. Також результати дослідження показали, що кількісний вміст аспарагінової кислоти менший за вміст домінуючої глутамінової в 2.1 раза, аргініну менше в 2.4, аланіну – в 2.6, серину – в 3.5 раза.

Визначено високий вміст амінокислоти лізину, що бере участь у підтримці імунної системи організму людини. Важлива наявність незамінної амінокислоти лейцину, що є джерелом енергії та характеризується відновлювальними властивостями.

Сума незамінних амінокислот у білку м'язової тканини акули катран становила  $5.781 \pm 0.257$ , а замінних –  $8.165 \pm 0.361$  мг на 100 г зразка. Відношення кількості незамінних до замінних амінокислот для зразків становить 0.75, що є одним із критеріїв високої біологічної цінності продукту.

Серед методів оцінки біологічної цінності білка найбільш широко використовується визначення амінокислотного скору, який характеризує білок щодо вмісту в ньому залишків кожної з незамінних амінокислот порівняно з еталонним (рекомендації FAO/WHO). Порівняльний аналіз амінокислотного скору білка акул катран із різними видами промислових риб наведено в *табл. 2*.

Таблиця 2

**Амінокислотний скор білка акул катран  
та інших видів промислових риб, %**

Амінокислота	Акула катран	Акула кунья*	Оселедець атлантичний*	Скумбрія*
Валін	73.6	122.0	100.0	156.0
Ізолейцин	86.5	192.5	120.0	185.0
Лейцин	134.1	118.6	98.6	105.7
Лізін	184.9	196.4	141.8	181.8
Метіонін+цистин	117.7	97.1	77.1	91.4
Треонін	120.75	155.0	107.5	130.0
Триптофан	–	130.0	80.0	120.0
Фенілаланін+тирозин	144.2	133.3	55.0	140.0

\* За даними довідникових таблиць біохімічного складу [2].

Визначено, що для білків акул катран лімітуючими були валін, ізолейцин; для акул кунья – метіонін+цистин, для оселедця атлантичного – лейцин, метіонін+цистин, триптофан, фенілаланін+тирозин; для скумбрії – метіонін+цистин, фенілаланін+тирозин. Відмічено високий амінокислотний скор лейцину та фенілаланін+тирозин в білках м'язових тканин акул катран, лізину в акул катран та акул кунья.

Розрахунок амінокислотного скору уможливив встановити суттєву різницю між показниками різних видів промислових риб та дати оцінку біологічної цінності їхнього м'яса.

Доведено, що всього в м'язовій тканині риби частка повноцінних білків становить 85 %. Крім того, вони майже повністю (97 %) засвоюються організмом людини.

Розраховано показники та критерії біологічної цінності для акул катран, акул кунья, оселедця атлантичного та скумбрії (*табл. 3*).

Отже, показники КРАС білків акул катран і оселедця атлантичного характеризуються нижчими значеннями порівняно зі скумбрією, що вказує на збалансованість незамінних амінокислот. Відомо, що чим менше значення КРАС, тим повніше використовуються організмом амінокислоти білків.

Таблиця 3

## Біологічна цінність білка акули катран та інших видів промислових риб

Показник	Акула катран	Акула кунья	Оседець атлантичний	Скумбрія
КРАС, %	43.32	45.97	44.88	47.32
БЦ, %	56.68	54.03	55.12	52.68
Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу, U	0.72	0.97	0.55	0.98
Показник надлишкового вмісту, $\sigma$ p	18.54	16.83	15.8	17.69
Показник порівнюваної надлишковості, $\sigma$ c	0.25	0.17	0.28	0.19

Біологічна цінність еталонного білка дорівнює 100 %. За отриманими даними в дослідних зразках найвищою біологічною цінністю характеризуються акула катран (56.7 %) та оседець атлантичний (55.1 %).

Значення коефіцієнта утилітарності амінокислотного складу дослідних зразків (0.55–0.98) свідчить про високу збалансованість амінокислот щодо еталона.

Показник порівнюваної надлишковості визначає частку незамінних амінокислот, які не використовуються на анаболічні потреби організму [15]. Найнижче його значення характерне для акули кунья (0.17).

**Висновки.** Доведено високу біологічну цінність білка акули катран порівняно з іншими видами промислових риб. За комплексом показників біологічної цінності білка рекомендовано використання м'яса акули катран у харчових технологіях із метою насичення внутрішнього ринку продуктами здорового харчування на основі вітчизняної рибної сировини.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сайт Державної служби статистики України. URL : <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 12.09.2016).
2. Сайт Державного агентства рибного господарства України. URL : <http://darg.gov.ua/index.php> (дата звернення: 13.09.2016).
3. Боліла Н. О., Болілій О. С. Аналіз ринку чорноморської акули катран. Наук. зб. "Інтегроване управління водними ресурсами". 2013. № 1. С. 352—357.
4. Боліла Н. О. Вплив морфометричних характеристик на споживні властивості чорноморської акули катран. Вісн. Львівської комерц. акад. 2016. Вип. 16. С. 119—122. (Серія товаровознавча).
5. Сидоренко О., Боліла Н., Коротецький В. Характеристика безпечності м'яса чорноморської акули катран за вмістом важких металів. Товари і ринки. 2015. № 2 (20). С. 124—132;
6. Нечаев А. П., Траубенберг С. Е., Кочеткова А. А. и др. Пищевая химия ; под ред. А. П. Нечаева [4-е изд.]. СПб. : ГИОРД, 2007. 640 с.
7. Студенцова Н. А. Перспективы развития функциональных продуктов питания из рыбного сырья. Рыбное хозяйство. 2003. № 4. С. 57—59.
8. Сидоренко О. В. Формування асортименту та якості риборослинних продуктів : монографія. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2006. 313 с.

9. Голембовська Н., Лебська Т. Харчова цінність коропа і товстолобика осіннього вилову. *Продовольча індустрія АПК*. 2014. № 2. С. 11—15.
10. ГОСТ 7636–85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М. : Изд-во стандартов, 1985. 138 с.
11. Козаренко Т. Д. Ионообменная хроматография аминокислот. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1975. 134 с.
12. Козаренко Т. Д., Зуев С. Н., Муляр Н. Ф. Ионообменная хроматография аминокислот (Теоретические основы и практика). Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1981. 160 с.
13. Сидоренко О. В., Павлюченко Ю. П., Туніцька А. О. Біологічна цінність комбінованих структуроутворювачів. *Товарознавчий вісник*. 2013. Вип. 6. С. 240—244.
14. Лунатов Н. Н., Рогов И. А. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом пищевой ценности. *Пищевая и перераб. пром-сть*. 1987. № 2. С. 9—15.
15. Дончевська Р. С. Формування споживчих властивостей заморожених заливних продуктів із прісноводної риби : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т., 2011. 22 с.

*Стаття надійшла до редакції 09.11.2016.*

***Bolila N. Biological value of dogfish protein.***

**Background.** Fish industry of Ukraine set the task to increase production volumes and reduce import dependency of the consumer market. Black Sea dogfish is valuable raw materials for the domestic market of fish goods, its safe usage in food was set by the complex of the studies [5].

According to PivdenNIRO stocks of spiny dogfish sharks in the Black Sea and the Azov Sea in 2015 amounted to 1.232 tons. The volume of extracting spiny dogfish shark was only 3 tons in 2015, which is 147 % more than in 2014 year, but not enough in terms of efficiency of food use [2].

Accordingly, systematic monitoring of capabilities of different types of food using water biological resources, promising areas of recycling to provide population with biologically valuable fisheries products is a relevant task.

*The aim* is the research of biological value of proteins of the Black Sea dogfish that is an important criterion for evaluation of her nutrition value in general for the purpose of grounding the feasibility of use in the domestic food industry.

**Material and methods.** The object of the study were female katran dogfish mature individuals with average weight of 10.25±0.55 kg, caught in the Black Sea near Zmiinyi Island in the autumn – winter period (November-February). Sampling for researches was carried out according to GOST 7631–2008 [10]. Method of an ion-exchange liquid and columnar chromatography was applied to determine amino-acid content of the Black Sea spiny dogfish shark. Registration of amino acids was carried out by a detection method with ninhydrin on the automatic analyzer T 339 (Czech Republic). The quality and quantitative composition of amino acids was determined comparing chromatograms of the standard and researched mix of amino acids [11; 12].

Objective assessment of biological value of proteins was determined by a complex of indicators: amino-acid score, KRAS, utility coefficient. Amino-acid score of proteins of food fishes was determined according to a scale of FAO / WHO.

**Results.** It has been proved that sharks protein is valuable and contains a set of essential amino acids.

Glutamic and aspartic acid, arginine, alanine and serine dominate among the amino-acids. The quantitative content of asparagine acid is less than contents of dominating glutamic one 2.13 times, the arginine is 2.37 times less, alanine – 2.64 times, sarin – 3.52 times. The sum of essential amino acids in muscular tissue of dogfish was  $5.781 \pm 0.257$  mg on 100 g of a sample, and essential amino acids –  $8.165 \pm 0.361$  mg on 100 g of a sample. The relation of quantity of essential to nonessential amino acids for samples makes 0.75.

Indicators of KRAS of proteins of dogfish and a herring Atlantic are characterized low by values (43.3 and 44.9 %) compared to a mackerel (47.3 %) that indicates balance of essential amino acids.

**Conclusion.** The studies indicate a high biological value of protein of spiny dogfish sharks compared to other types of commercial fish. For a set of indicators of biological value of protein it's recommended to use spiny dogfish shark meat in food technology to saturate domestic market with healthy food based on domestic fish.

*Keywords:* amino-acid structure, spiny dogfish shark, amino-acid score, native proteins, biological value.

#### REFERENCES

1. Sajt Derzhavnoi' sluzhby statystyky Ukrainy. URL : <http://www.ukrstat.gov.ua> (data zvernennja: 12.09.2016).
2. Sajt Derzhavnogo agentstva rybnogo gospodarstva Ukrainy. URL : <http://darg.gov.ua/index.php> (data zvernennja: 13.09.2016).
3. Bolila N. O., Bolilyj O. S. Analiz rynku chornomors'koi' akuly katran. Nauk. zb. "Integrovane upravlinnja vodnymy resursamy". 2013. № 1. S. 352—357.
4. Bolila N. O. Vplyv morfometrychnyh harakterystyk na spozhyvni vlastyvyosti chornomors'koi' akuly katran. Visn. L'vivs'koi' komerc. akad. 2016. Vyp. 16. S. 119—122. (Serija tovaroznavcha).
5. Sydorenko O., Bolila N., Korotec'kyj V. Harakterystyka bezpechnosti m'jasa chornomors'koi' akuly katran za vmistom vazhkyh metaliv. Tovary i rynky. 2015. № 2 (20). S. 124—132;
6. Nechaev A. P., Traubenberg S. E., Kochetkova A. A. i dr. Pishhevaja himija ; pod red. A. P. Nechaeva [4-e izd.]. SPb. : GIOR, 2007. 640 s.
7. Studencova N. A. Perspektivy razvitija funkcional'nyh produktov pitaniya iz rybnogo syr'ja. Rybnoe hozjajstvo. 2003. № 4. S. 57—59.
8. Sydorenko O. V. Formuvannja asortymentu ta jakosti ryboroslynnyh produktiv : monografija. Kyi'v : Kyi'v. nac. torg.-ekon. un-t, 2006. 313 s.
9. Golebovs'ka N., Lebs'ka T. Harchova cinnist' koropa i tovtolobyka osinn'ogo vylovu. Prodovol'cha industrija APK. 2014. № 2. S. 11—15.
10. GOST 7636–85. Ryba, morskije mlekopitajushhie, morskije bespozvonochnye i produkty ih pererabotki. Metody analiza. M. : Izd-vo standartov, 1985. 138 s.
11. Kozarenko T. D. Ionoobmennaja hromatografija aminokislot. Novosibirsk : Nauka. Sib. otd-nie, 1975. 134 s.
12. Kozarenko T. D., Zuev S. N., Muljar N. F. Ionoobmennaja hromatografija aminokislot (Teoreticheskie osnovy i praktika). Novosibirsk : Nauka. Sib. otd-nie, 1981. 160 s.
13. Sydorenko O. V., Pavljuchenko Ju. P., Tunic'ka A. O. Biologichna cinnist' kombinovanyh strukturoutvorjuvachiv. Tovarovnavchij visnyk. 2013. Vyp. 6. S. 240—244.
14. Lipatov N. N., Rogov I. A. Metodologija proektirovanija produktov pitaniya s trebuemym kompleksom pishhevoj cennosti. Pishhevaja i pererab. prom-st'. 1987. № 2. S. 9—15.
15. Donchevs'ka R. S. Formuvannja spozhyvchyh vlastyvostej zamorozhenykh zalivnyh produktiv iz prisnovodnoi' ryby : avtoref. dys. ... kand. tehn. nauk : 05.18.15. Kyi'v : Kyi'v. nac. torg.-ekon. un-t., 2011. 22 s.