

СОДЕРЖАНИЕ АМИНОКИСЛОТ В МЫШЦАХ АФРИКАНСКОГО КЛАРИЕВОГО СОМА В МЕЖНЕРЕСТОВЫЙ ПЕРИОД

Шадыева Людмила Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Биология, ветеринарная генетика, паразитология и экология»

Романова Елена Михайловна, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Биология, ветеринарная генетика, паразитология и экология»

Романов Василий Васильевич кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информатика»

Шленкина Татьяна Матвеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Биология, ветеринарная генетика, паразитология и экология»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1, тел.: 8(8422) 55-95-38, e-mail: vvr-emr@yandex.ru

Ключевые слова: африканский клариевый сом, межнерестовый период, белки, аминокислоты.

Мясо африканского клариевого сома обладает вариабельностью показателей пищевой и биологической ценности в зависимости от физиологического состояния рыбы. Целью исследования явилась сравнительная оценка пищевой и биологической ценности мяса африканского клариевого сома в нерестовый и межнерестовый периоды. Объект исследования – мышечная ткань африканского клариевого сома в возрасте 12 месяцев. Проведена оценка органолептических свойств и показателей пищевой и биологической ценности мышечной ткани африканского клариевого сома в нерестовый и межнерестовый периоды. Органолептические свойства африканского клариевого сома в межнерестовый и нерестовый периоды существенных различий не имели. Установлено, что критериальные показатели пищевой ценности мяса африканского клариевого сома в межнерестовый период значительно превышают аналогичные показатели в период нереста. Мясо африканского клариевого сома в межнерестовый период включает в себя больше жира и белка, следовательно, характеризуется меньшей обводненностью. Биологическая ценность мяса определяется содержанием в нем аминокислот. В межнерестовый период в мясе африканского клариаса достоверно повышается количество всех аминокислот. Доминирующую позицию из незаменимых аминокислот занимают лизин и триптофан. Это имеет исключительное значение для живого организма. Триптофан незаменим при синтезе витамина В3, который обладает вазопротекторным действием, снижает уровень холестерина и обеспечивает профилактику гипоксии клеток и тканей. Лизин является источником карнитина, стимулирует митозы, обеспечивает профилактику остеопороза, стимулирует процессы регенерации костной ткани. Согласно проведенным исследованиям, лизин способен предотвратить развитие и облегчить течение болезни Альцгеймера. Употребление в пищу продуктов с высоким уровнем содержания триптофана и лизина в конечном счете способствует повышению качества жизни. Высокое содержание лизина и триптофана позволяет отнести мясо африканского сома к незаменимой составляющей детского и спортивного питания.

Исследования выполнялись при поддержке РФФИ по гранту 18-016-00127.

Введение

В настоящее время во всем мире проблема здорового питания резко актуализировалась на фоне повышения качества жизни населения. Под здоровым понимают питание, которое кроме роста и развития обеспечивает профилактику заболеваний человека и укрепляет его здоровье. Рыба, без сомнения, входит в перечень продуктов здорового питания [1, 2].

Это обусловлено тем, что мясо рыбы служит источником легкоусвояемого белка, витаминов, микроэлементов, полиненасыщенных жирных кислот [3, 4].

В последние десятилетия потребителю все больше поступает рыбы, выращенной в условиях искусственного разведения в аквакуль-

туре. Поскольку условия среды выращивания такой рыбы отличаются от естественных, безусловно, важно знать, насколько ценный продукт поступает на стол к населению. В нашей работе мы исследовали потребительскую ценность одного из наиболее высокопродуктивных видов мировой аквакультуры - африканского клариевого сома. Этот вид - широко распространенный объект индустриальной аквакультуры в странах Евросоюза, поскольку отличается не только высокой скоростью роста, но и неприхотливостью к условиям содержания [5, 6].

Основным преимуществом использования в пищу африканского клариевого сома является то, что он не представляет санитарно-эпидемиологической и экологической опасности.

Это связано с тем, что клариевый сом, как правило, разводится в условиях высокотехнологичной аквакультуры, что исключает возможности его контакта с другими гидробионтами, которые могут быть промежуточными хозяевами паразитов.

Мясо клариевого сома отличается высоким содержанием липидов, что позволяет отнести его к высококалорийным продуктам.

Пищевая ценность мяса рыбы зависит от многих факторов. Несомненно, ведущую роль играет видовая принадлежность. Однако, не менее важное значение имеют образ жизни, среда обитания, половозрастные характеристики, физиологическое состояние рыбы, особенности метаболизма и ряд других факторов [7, 8].

Пищевая и биологическая ценность любого продукта питания обусловлена питательными веществами, входящими в его состав.

Цель исследования - сравнительная оценка показателей пищевой ценности мышечной ткани африканского клариевого сома в межнерестовый и нерестовый периоды в условиях лаборатории экспериментальной биологии и аквакультуры УлГАУ.

Материалы и методы исследований

Объект исследования - клариевый сом в возрасте 12 месяцев.

Определение качественных показателей мяса африканского клариевого сома проводили согласно ГОСТ 7631-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Правила приемки, органолептические методы оценки качества, методы

отбора проб для лабораторных исследований». Из органолептических показателей анализировали цвет рыбы, внешний вид и состояние кожного покрова, запах и вкус рыбы.

Физико-химические показатели мяса рыбы определяли в соответствии с ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа».

Анализ аминокислотного состава мышечной ткани рыб проводили на анализаторе Hitachi AAA 835 в сертифицированной учебно-научно-испытательной лаборатории по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова».

Результаты исследований

Результаты оценки органолептических свойств африканского клариевого сома в межнерестовый и нерестовый периоды практически не отличались.

Внешне рыба была активна, целостность покровов не нарушена, окраска естественная. Глаза светлые, выпуклые, брюшко мягкое, без признаков вздутия. Цвет и запах, свойственные здоровой рыбе, консистенция мышц плотная. При пробе варкой бульон - прозрачный со специфическим рыбным запахом и вкусом.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что органолептические показатели сомов обеих опытных групп соответствовали норме.

Пищевую ценность мяса африканского клариевого сома определяли по относительному содержанию в нем влаги, жира, белков и минеральных веществ [9, 10].

Мышечная ткань африканского клариевого сома в нерестовый и межнерестовый периоды существенно различалась по химическому составу (табл. 1).

В результате проведенных исследований в мясе африканского клариевого сома в межнерестовый период содержалось 18,1% белка, в нерестовый период - 13,7%.

Содержание воды в мышечной ткани напрямую зависит от содержания жира. Чем больше количества жира рыба, тем меньше обводненность тканей.

Согласно полученным результатам, в мышцах сомов в межнерестовый период содержание жира более, чем в два раза превышало аналогичный показатель сомов нерестового периода (табл. 1).

Нами были рассчитаны критериальные показатели пищевой ценности мяса африкан-

Таблица 1

Химический состав мяса африканского клариевого сома

| Показатели | Межнерестовый период | Нерестовый период |
|------------|----------------------|-------------------|
| Вода, % | 63,1 ± 2,17 | 78,2 ± 0,53 |
| Белок, % | 18,1 ± 0,37 | 13,7 ± 0,31 |
| Жир, % | 5,8 ± 0,15 | 2,6 ± 0,06 |

Таблица 2

Показатели пищевой ценности мяса африканского клариевого сома

| Показатели | Межнерестовый период | Нерестовый период |
|----------------------------------|----------------------|-------------------|
| Белково-водный коэффициент | 28,6 | 17,5 |
| Липидно-белковый коэффициент | 9,1 | 3,3 |
| Коэффициент пищевой насыщенности | 0,37 | 0,2 |

ского клариевого сома – белково-водный коэффициент, липидно-белковый коэффициент, коэффициент пищевой насыщенности в различные физиологические периоды.

Коэффициент пищевой насыщенности отражает характеристику пищевой ценности продукта. В зависимости от величины этого коэффициента все пищевое сырье подразделяют на низконасыщенное, при этом коэффициент пищевой насыщенности меньше 0,3, среднена-сыщенное, когда величина коэффициента пищевой насыщенности от 0,3 до 0,6 и высоконасыщенное - коэффициент пищевой насыщенности от 0,6 до 1,5 [11, 12].

Согласно полученным результатам, мясо африканского клариаса в межнерестовый период можно отнести к среднена-сыщенным продуктам, в нерестовый период к низконасыщенным.

Анализируя липидно-белковый коэффициент, можно сделать заключение о консистенции мышечной ткани. Чем выше значение этого коэффициента, тем мясо нежнее [13, 14]. Этот показатель у исследуемого вида рыбы в межнерестовый период втрое превышает аналогичный в период нереста.

На основании этого можно сделать вывод, что употребление в пищу африканского клариаса в межнерестовый период предпочтительнее, чем в нерестовый.

При контрольном убое подопытных африканских сомов было проведено исследование аминокислотного состава мышечной ткани.

На рис. 1 представлен аминокислотный состав мышечной ткани африканского клариаса. Доминирующую позицию в пробах мышечной ткани рыбы заняли глутаминовая кислота (8915 и 7127 мг/100 г), аспарагиновая кислота (6750 и 5321 мг/100 г), лейцин (5816 и 4135 мг/100 г) и лизин (7989 и 5781 мг/100 г).

Количество всех аминокислот в межнерестовый период достоверно повышается.

По результатам наших исследований, мышечная ткань африканского клариевого сома включала в себя все незаменимые аминокислоты.

Анализ полученных результатов позволил выявить, что из незаменимых аминокислот в межнерестовый период лимитирующими являлся метионин (1987 мг/100 г). В нерестовый период - метионин (1561 мг/100 г) и изолейцин (1680 мг/100 г).

Как в межнерестовый, так и в нерестовый период преобладало содержание лизина и



Рис. 1 - Аминокислотный состав мышечной ткани африканского клариаса (в пересчете на сухое вещество), мг/100 г

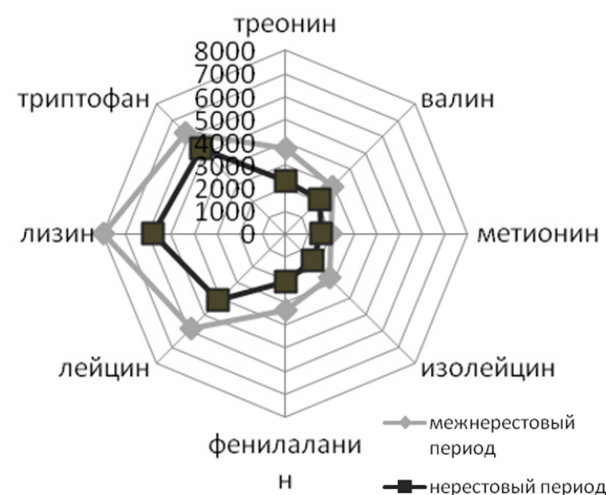


Рис. 2 - Содержание незаменимых аминокислот в мышечной ткани африканского клариаса (в пересчете на сухое вещество), мг/100 г

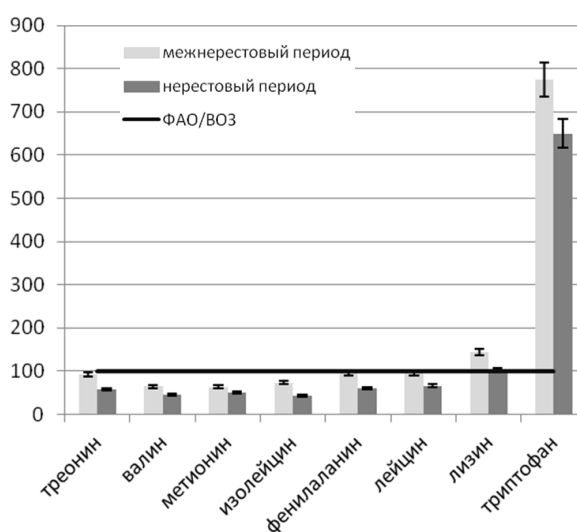


Рис. 3 - Аминокислотный СКОР мышечной ткани африканского клариевого сома

триптофана (рис. 2).

В целях оценки биологической ценности мяса мы рассчитали аминокислотный СКОР мышечной ткани африканского клариевого сома [19].

Результаты расчетов СКОРа исследуемых проб приведены на рисунке 3.

В мышечной ткани рыб обеих опытных групп выявлено две аминокислоты, которые отвечают требованиям ФАО/ВОЗ (лизин и триптофан).

У остальных аминокислот СКОР ниже 100 %.

Обсуждение

Белок является важнейшим структурным элементом живого организма. В свою очередь аминокислоты представляют собой структурную единицу белка. Существует более 200 аминокислот, однако решающее значение для живого организма имеют 22. Большую часть из них организм синтезирует самостоятельно. Однако существует категория незаменимых аминокислот, которые поступают в организм, как правило, с пищей [15, 16].

Сложно переоценить значение аминокислот для живого организма. Они принимают активное участие в обмене веществ, являются трофиками центральной нервной системы. Обеспечивают поддержание гомеостаза организма, участвуют в синтезе витаминов

Аминокислоты обладают иммуно- и фагоцитостимулирующим действием [17, 18].

Биологическое значение лизина для живого организма заключается в том, что он служит источником карнитина. Согласно исследованиям, проведенным американскими учеными, однократный прием 5000 мг лизина увеличивает уровень карнитина в 6 раз [19, 20].

Значение триптофана для живого организма определяется тем, что он принимает участие в синтезе витамина В₃, который необходим для выработки серотонина. Как известно, серотонин способствует хорошему настроению, снижает уровень депрессии и стрессов. На современном этапе развития человеческого общества это имеет важное значение, поскольку в настоящее время изменился ритм жизни, возросли нервно-эмоциональные нагрузки на организм человека. Кроме того, витамин В₃ обладает выраженным вазопротекторным действием, снижает уровень холестерина и обеспечивает профилактику гипоксии клеток и тканей [20, 21].

Для оценки биологической ценности мяса африканского клариевого сома мы провели расчет аминокислотного индекса отношения неза-

менимых аминокислот к общим аминокислотам [22]. Этот показатель составляет для «стандартного» белка 0,36. Согласно полученным нами результатам, как в нерестовый, так и в межнерестовый периоды он составил 0,45–0,48, что также свидетельствует о высокой биологической ценности мяса африканского клариевого сома.

Результаты анализа аминокислотного СКОРА мяса африканского клариевого сома, представленные на рисунке 3, свидетельствуют о том, что оно характеризуется оптимальным содержанием важнейших аминокислот, которое максимально приближено к эталону.

При этом СКОР аминокислот мышечной ткани рыб в межнерестовый период превышает аналогичные показатели рыб в период нереста, что свидетельствует о более высокой биологической ценности мяса рыбы в этот период жизненного цикла.

Заключение

На основании проведенных исследований мы пришли к выводу, что показатели пищевой и биологической ценности мяса африканского клариевого сома в межнерестовый период выше, чем в период нереста.

Коэффициент пищевой насыщенности мяса африканского клариевого сома в межнерестовый период в 1,8 раза выше аналогичного показателя в период нереста. Это дает основание отнести его к средненасыщенным продуктам.

Липидно-белковый коэффициент, характеризующий характер консистенции мышечной ткани в межнерестовый период втрое выше этого показателя в нерестовый период. Чем выше значение этого коэффициента, тем мясо нежнее.

Количество всех аминокислот в межнерестовый период достоверно повышается. Как в межнерестовый, так и в нерестовый периоды преобладало содержание лизина и триптофана.

Аминокислотный СКОР мышечной ткани исследуемого вида рыбы в межнерестовый период превышает аналогичные показатели в период нереста, что свидетельствует о более высокой биологической ценности мяса рыбы в этот период жизненного цикла.

Это имеет исключительное значение для живого организма и делает мясо африканского клариевого сома незаменимой составляющей детского, спортивного и диетического питания.

Библиографический список

1. Primary amino acids affect the distribution of methylmercury rather than inorganic mercury among tissues of two farmed-raised fish species / Y.

- Man, R. Yin, C. Qin, J. Wang, H. Yan, K. Cai, M. Li // *Chemosphere*. - 2019. - T. 225. - C. 320-328.
2. Peptide transporter 1 (pept1) in fish: a review / J. Wang, X.Yan, R. Lu, X. Meng, G. Nie // *Aquaculture and Fisheries*. - 2017. - T. 2. № 5. - C. 193-206.
3. Muranova T.A. Hydrolysates of soybean proteins for starter feeds of aquaculture: the behavior of proteins upon fermentolysis and the compositional analysis of hydrolysates / T.A. Muranova, D.V. Zinchenko, A.I. Miroshnikov // *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*. - 2019. - T. 45. № 3. - C. 195-203.
4. Effects of dietary arginine supplementation on ureagenesis and amino acid metabolism in common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to ambient ammonia / S.M. Hoseini, Y.A. Vatnikov, E.V. Kulikov, A.K. Petrov, S.H. Hoseinifar, H. Van Doan // *Aquaculture*. - 2019. - T. 511. - C. 734.
5. The effect of culture system on proximate composition and amino and fatty acid profiles of peeled coregonus peeled fillets / V. Stejskal, J. Matousek, P. Podhorec, M. Prokesova, T. Zajic, J. Mraz // *Journal of Aquatic Food Product Technology*. - 2019. - T. 28. № 9. - C. 933-943.
6. Paprzycka M. Fish collagen – molecular structure after thermal treatment / M. Paprzycka, B. Scheibe, S. Jurga // *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. - 2018. - T. 26. № 6. - C. 51-56.
7. Dietary nucleotides supplementation affect the physicochemical properties, amino acid and fatty acid constituents, apoptosis and antioxidant mechanisms in grass carp (*ctenopharyngodon idellus*) muscle / H.-M. Tie, P. Wu, W.-D. Jiang, Y. Liu, Y.-Y. Zeng, J. Jiang, X.-Q. Zhou, L. Feng, S.-Y. Kuang, L. Tang // *Aquaculture*. - 2019. - T. 502. - C. 312-325.
8. Molecular cloning and expression of fatty acid desaturase and elongase genes in darkbarbel catfish *pelteobagrus vachellii* / C.J. Qin, Z.Y. Wen, D.Y. Yuan, T. Shao, Q. Gong // *Oceanologia et Limnologia Sinica*. - 2017. - T. 48. № 4. - C. 884-893.
9. Limongelli I. Papi: pseudo amino acid composition to score human protein-coding variants / I. Limongelli, S. Marini, R. Bellazzi // *BMC Bioinformatics*. - 2015. - T. 16. - C. 123.
10. Amino acid score of milk proteins of the interspecific hybrids of argali and domestic sheeps / A.A. Volnin, F.D. Sheraliev, M.N. Shaposhnikov, S.Y. Zaitsev, V.A. Bagirov, N.A. Zinovieva // *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. - 2017. - № 4 (64). - C. 240-247.
11. Tenascin-xb (tnxb) amino acid substitution e2004g is associated with mature weight and milk score in american rambouillet, targhee, polypay, and suffolk sheep / M.U. Cinar, M.K. Herndon, S.N. White, M.R. Mousel, J.B. Taylor // *Small Ruminant Research*. - 2018. - T. 166. - C. 129-133.
12. Low-frequency vibrational modes in small polypeptides of essential amino acids / A. Kokabi, H.G. Khorram, Z. Meivand, T. Bayatian, E.G. Rad // *Optics and Spectroscopy*. - 2019. - T. 127. № 3. - C. 434-445.
13. The decomposition of n-chloro amino acids of essential branched-chain amino acids: kinetics and mechanism / M. Szabó, V. Bíró, F. Simon, I. Fábíán // *Journal of Hazardous Materials*. - 2020. - T. 382. - C. 120988.
14. Low-frequency vibrational modes in small polypeptides of essential amino acids / A. Kokabi, H.G. Khorram, Z. Meivand, T. Bayatian, E.G. Rad // *Optics and Spectroscopy*. - 2019. - T. 127. № 3. - C. 434-445.
15. Atta D. Protein structure from the essential amino acids to the 3d structure / D. Atta, A.E. Mahmoud, A. Fakhry // *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2019. - T. 9. № 1. - C. 3817-3824.
16. Green C.L. Regulation of metabolic health by essential dietary amino acids / C.L. Green, D.W. Lamming // *Mechanisms of Ageing and Development*. - 2019. - T. 177. - C. 186-200.
17. Аминокислотный СКОР сиговых рыб Якутии / В.Т. Васильева, А.А. Ефимова, Т.В. Слепцова, С.М. Тимофеев // *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. - 2019. - № 3 (205). - C. 127-132.
18. Interaction of some essential amino acids with synthesized poorly crystalline hydroxyapatite / A. El Rhilassi, M. Mourabet, M. Bennani-Ziatni, R. El Hamri, A. Taitai // *Journal of Saudi Chemical Society*. - 2016. - T. 20. № 3. - C. S632-S640.
19. Probing the interactions between cisplatin and essential amino acids using electrospray ionization mass spectrometry / H. Liu, N. Zhang, M. Cui, Z. Liu, S. Liu // *International Journal of Mass Spectrometry*. - 2016. - T. 409. - C. 59-66.
20. Voytsekhivskiy V. The content of free essential amino acids in strawberry juice prepared using the infusion of pulp / V. Voytsekhivskiy, I. Smetanska, O. Voytsekhivska // *SWorldJournal*. - 2016. - T. 10. № 116 (10). - C. 80-83.
21. Is the response of tumours dependent on the dietary input of some amino acids or ratios among essential and non-essential amino acids. All that glitters is not gold / F.S. Dioguardi, V. Flati, G. Corsetti, C. Romano, E. Pasini // *International Journal of Molecular Sciences*. - 2018. - T. 19. № 11. - C. 3631

22. Edible mushrooms: a potential source of essential amino acids, glucans and minerals / F. Bach, M.B. Bellettini, C.V. Helm, G.M. Maciel, C.W.I.

Haminiuk // International Journal of Food Science & Technology. - 2017. - T. 52. № 11. - C. 2382-2392.

THE CONTENT OF AMINO ACIDS IN THE MUSCLES OF THE AFRICAN SHARPTOOTH CATFISH IN THE INTER-SPAWNING PERIOD

Shadyeva L. A., Romanova E. M., Romanov V. V., Shlenkina T. M.
FSBEI HE Ulyanovsk SAU

432017, Ulyanovsk, Novy Venets boulevard, 1, tel.: 8(8422) 55-95-38, e-mail: vvr-emr@yandex.ru

Key words: African sharptooth catfish, inter-spawning period, proteins, amino acids.

The meat of the African sharptooth catfish has a variability in indicators of nutritional and biological value, depending on the physiological state of fish. The aim of the study was to compare the nutritional and biological value of african sharptooth catfish meat during the spawning and inter-spawning period. The object of the study is muscle tissue of the african sharptooth catfish at the age of 12 months. The assessment of organoleptic properties and indicators of nutritional and biological value of the muscle tissue of the african sharptooth catfish during the spawning and inter-spawning period was carried out. The organoleptic properties of the african sharptooth catfish during the inter-spawning and spawning periods did not differ significantly. It was found that the criteria for the nutritional value of african sharptooth catfish meat in the inter-spawning period significantly exceed similar indicators during the spawning period. The meat of the african sharptooth catfish in inter-spawning period includes more fat and protein, therefore, is characterized by less water content. The biological value of meat is determined by the content of amino acids in it. During the inter-spawning period, the amount of all amino acids in the meat of African clarias significantly increases. The dominant position of essential amino acids is occupied by lysine and tryptophan. This is of exceptional importance for a living organism. Tryptophan is indispensable in the synthesis of vitamin B₃, which has a vasoprotective effect, reduces cholesterol and provides prevention of hypoxia of cells and tissues. Lysine is a source of carnitine, stimulates mitosis, provides prophylaxis of osteoporosis, and stimulates bone regeneration. According to research, lysine can prevent the development and ease the course of Alzheimer's disease. Eating foods with high levels of tryptophan and lysine ultimately improves the quality of life. The high content of lysine and tryptophan makes it possible to attribute african sharptooth meat to an indispensable component of children's and sports nutrition.

Bibliography

1. Primary amino acids affect the distribution of methylmercury rather than inorganic mercury among tissues of two farmed-raised fish species / Y. Man, R. Yin, C. Qin, J. Wang, H. Yan, K. Cai, M. Li // *Chemosphere*. - 2019. - V. 225. - P. 320-328.
2. Peptide transporter 1 (pept1) in fish: a review / J. Wang, X. Yan, R. Lu, X. Meng, G. Nie // *Aquaculture and Fisheries*. - 2017. - V. 2. № 5. - P. 193-206.
3. Muranova T.A. Hydrolysates of soybean proteins for starter feeds of aquaculture: the behavior of proteins upon fermentolysis and the compositional analysis of hydrolysates / T.A. Muranova, D.V. Zinchenko, A.I. Miroshnikov // *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*. - 2019. - V. 45. № 3. - P. 195-203.
4. Effects of dietary arginine supplementation on ureagenesis and amino acid metabolism in common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to ambient ammonia / S.M. Hoseini, Y.A. Vatnikov, E.V. Kulikov, A.K. Petrov, S.H. Hoseinifar, H. Van Doan // *Aquaculture*. - 2019. - V. 511. - P. 734.
5. The effect of culture system on proximate composition and amino and fatty acid profiles of peled coregonus peled fillets / V. Stejskal, J. Matousek, P. Podhorec, M. Prokesova, T. Zajic, J. Mraz // *Journal of Aquatic Food Product Technology*. - 2019. - V. 28. № 9. - P. 933-943.
6. Paprzycka M. Fish collagen – molecular structure after thermal treatment / M. Paprzycka, B. Scheibe, S. Jurga // *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. - 2018. - V. 26. № 6. - P. 51-56.
7. Dietary nucleotides supplementation affect the physicochemical properties, amino acid and fatty acid constituents, apoptosis and antioxidant mechanisms in grass carp (*ctenopharyngodon idellus*) muscle / H.-M. Tie, P. Wu, W.-D. Jiang, Y. Liu, Y.-Y. Zeng, J. Jiang, X.-Q. Zhou, L. Feng, S.-Y. Kuang, L. Tang // *Aquaculture*. - 2019. - V. 502. - P. 312-325.
8. Molecular cloning and expression of fatty acid desaturase and elongase genes in darkbarbel catfish *pelteobagrus vachellii* / C.J. Qin, Z.Y. Wen, D.Y. Yuan, T. Shao, Q. Gong // *Oceanologia et Limnologia Sinica*. - 2017. - V. 48. № 4. - P. 884-893.
9. Limongelli I. Papi: pseudo amino acid composition to score human protein-coding variants / I. Limongelli, S. Marini, R. Bellazzi // *BMC Bioinformatics*. - 2015. - V. 16. - P. 123.
10. Amino acid score of milk proteins of the interspecific hybrids of argali and domestic sheeps / A.A. Volnin, F.D. Seraliev, M.N. Shaposhnikov, S.Y. Zaitsev, V.A. Bagirov, N.A. Zinovieva // *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. - 2017. - № 4 (64). - P. 240-247.
11. Tenascin-xb (tnxb) amino acid substitution e2004g is associated with mature weight and milk score in american ramboillet, targhee, polypay, and suffolk sheep / M.U. Cinar, M.K. Herndon, S.N. White, M.R. Mouse, J.B. Taylor // *Small Ruminant Research*. - 2018. - V. 166. - P. 129-133.
12. Low-frequency vibrational modes in small polypeptides of essential amino acids / A. Kokabi, H.G. Khorram, Z. Meivand, T. Bayatian, E.G. Rad // *Optics and Spectroscopy*. - 2019. - V. 127. № 3. - P. 434-445.
13. The decomposition of n-chloro amino acids of essential branched-chain amino acids: kinetics and mechanism / M. Szabó, V. Bíró, F. Simon, I. Fábrián // *Journal of Hazardous Materials*. - 2020. - V. 382. - P. 120988.
14. Low-frequency vibrational modes in small polypeptides of essential amino acids / A. Kokabi, H.G. Khorram, Z. Meivand, T. Bayatian, E.G. Rad // *Optics and Spectroscopy*. - 2019. - V. 127. № 3. - P. 434-445.
15. Atta D. Protein structure from the essential amino acids to the 3d structure / D. Atta, A.E. Mahmoud, A. Fakhry // *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2019. - V. 9. № 1. - P. 3817-3824.
16. Green C.L. Regulation of metabolic health by essential dietary amino acids / C.L. Green, D.W. Lammung // *Mechanisms of Ageing and Development*. - 2019. - V. 177. - P. 186-200.
17. Amino acid score of whitefish in Yakutia / V.T. Vasilyeva, A.A. Efimova, T.V. Sleptsova, S.M. Timofeeva // *Vestnik of the Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences*. - 2019. - № 3 (205). - P. 127-132.
18. Interaction of some essential amino acids with synthesized poorly crystalline hydroxyapatite / A. El Rhilassi, M. Mourabet, M. Bennani-Ziatni, R. El Hamri, A. Taitai // *Journal of Saudi Chemical Society*. - 2016. - V. 20. № 3. - P. S632-S640.
19. Probing the interactions between cisplatin and essential amino acids using electrospray ionization mass spectrometry / H. Liu, N. Zhang, M. Cui, Z. Liu, S. Liu // *International Journal of Mass Spectrometry*. - 2016. - V. 409. - P. 59-66.
20. Voytsekhivskiy V. The content of free essential amino acids in strawberry juice prepared using the infusion of pulp / V. Voytsekhivskiy, I. Smetanska, O. Voytsekhivskaya // *SWorldJournal*. - 2016. - V. 10. № 116 (10). - P. 80-83.
21. Is the response of tumours dependent on the dietary input of some amino acids or ratios among essential and non-essential amino acids. All that glitters is not gold / F.S. Dioguardi, V. Flati, G. Corsetti, C. Romano, E. Pasini // *International Journal of Molecular Sciences*. - 2018. - V. 19. № 11. - P. 3631
22. Edible mushrooms: a potential source of essential amino acids, glucans and minerals / F. Bach, M.B. Bellettini, C.V. Helm, G.M. Maciel, C.W.I. Haminiuk // *International Journal of Food Science & Technology*. - 2017. - V. 52. № 11. - P. 2382-2392.