

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ
КАФЕДРА БИОЭКОЛОГИИ, ГИГИЕНЫ И ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ


Направление: 06.04.01 — биология
Профиль: Биоэкология и охрана природы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ПОЛНОЦЕННЫХ
КОМБИНИРОВАННЫХ КОРМОВ В АКВАКУЛЬТУРЕ**

Работа завершена:

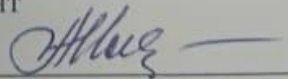
Студент(ка) гр. 01-740-6 очная форма обучения

« 6 » 06 2019г.  (С.И. Ненчук)

Работа допущена к защите:

Научный руководитель

кандидат биологических наук, доцент

« 7 » 06 2019г.  (А.Р. Ильясова)

Заведующий кафедрой

Доктор биологических наук, профессор

« 8 » 06 2019г.  (И.И. Рахимов)

Казань – 2019

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение продовольственной безопасности за счёт ресурсного, природно-климатического и инновационного потенциалов является важнейшей задачей современного этапа развития рыбного хозяйства. В настоящее время рыболовству и аквакультуре уделяется всё возрастающее внимание, поскольку эти направления важны в социально-экономическом развитии различных областей мировой и национальной экономик, а также как источники доходов, в т.ч. от валютных поступлений, и для насыщения внутренних рынков безопасными и качественными продуктами питания (Стратегия Гринберга и др., 2002; Богерук, 2011).

Рыбное хозяйство также является источником средств к существованию для миллионов людей во всём мире, занятость в секторах рыболовства и аквакультуры в последние три десятилетия так же существенно возросла, на 3,6 % в год с 1980 г. (ФАО, 2010).

С ростом населения в мире увеличивается спрос на продукты из сырья водного происхождения. Однако рост уловов рыболовного промысла замедляется, важнейших промысловых районов достигли пределов эксплуатации своего ресурсного потенциала и по многим объектам наблюдается критическое состояние запасов в океанических и внутренних водах. Количество вылавливаемой рыбы остается относительно стабильным с середины 1980-х гг. в пределах 85–95 млн т. Таким образом, эффективность мирового рыболовства неуклонно снижается, а его среднегодовой прирост остается на уровне не выше 1,1 млн т (Золотова, 2000).

Аквакультура — контролируемое человеком разведение и выращивание водных организмов с целью получения ценной пищевой, кормовой и технической продукции (Душкина, 1984). На текущий момент она имеет не меньшее значение для рыбного хозяйства, чем для сельского

хозяйства — переход от охоты и собирательства к земледелию и животноводству (Багров, 2000).

Современное искусственное выращивание рыб и других водных животных и растений основано на опыте, накопленном человечеством в течение многих веков и даже тысячелетий. Принято считать, что разведение водных организмов зародилось в Китае 3,5–4 тыс. лет назад (Стикни, 1986). Однако, несмотря на многовековые традиции разведения рыбы в некоторых странах, в глобальных масштабах аквакультура является молодой отраслью пищевой промышленности, переживающей период бурного роста на протяжении последних 50 лет (ФАО, 2010).

Актуальность работы: К разработке полноценного кормления рыб приковано самое пристальное внимание ученых многих стран с развивающейся аквакультурой, в том числе и нашей страны. Рецептура кормов для рыб разных видов и возраста постоянно обновляется, в их состав вводятся новые компоненты и кормовые добавки, отражающие новейшие данные по изучению физиологии и обмена веществ у гидробионтов (Остроумова, 2001).

При соблюдении всех условий содержания и норм кормления 1 кг сухого полноценного корма может давать 1 кг прироста живой массы рыбы. Но интенсивный рост и низкий расход корма возможны только при наличии достаточного количества полноценного по аминокислотному составу белка — около половины рациона — 40-50%, а на ранних этапах в периоды интенсивного роста — 55-60%. Высокий уровень протеина — основная особенность полноценного питания рыб. При этом потребность в белке снижается с возрастом и с понижением температуры воды. Основным источником полноценного белка в кормах рыб служит рыбная мука. Хорошим ее заменителем являются высокобелковые продукты микробного синтеза — паприн, гапирин, эприн, выпуск которых, к сожалению, прекращен. Дополнительным источником протеина в кормах рыб могут быть

мясная мука, гидролизные дрожжи, растительные компоненты с высоким содержанием белка — шроты, соевые продукты и др. В кормах для ранней молоди используется сухое молоко, сухой яичный белок.

Состав корма должен соответствовать потребностям живых организмов для оптимального роста, размножения и развития. Однако количественная оценка сбалансированной корма является сложной задачей, учитывая большое количество питательных веществ. Среди основных макронутриентов особенно важен белок. Таким образом, установление аминокислотного баланса белка имеет решающее значение для понимания того, как состав корма может быть использован для ускорения роста и развития организма.

Многие организмы обладают механизмами поддержания потребления белка в узком диапазоне значений, которые выше, чем оптимальные для здоровья (Simpson and Raubenheimer, 2012). Например, когда содержание белка в рационе относительно низкое, общее потребление пищи повышается, чтобы поддерживать потребление белка, вызывая чрезмерное потребление других питательных веществ (Simpson and Raubenheimer, 2005). В отличие от этого, когда содержание белка в пище является высоким, общее потребление пищи ограничивается, так что энергия может быть недопотреблена - состав эффективно используется для потери веса, но также связан с сокращением продолжительности жизни у насекомых, мышей (Le Couteur et al., 2016, Lee et al., 2008, Solon-Biet et al., 2014) и людей (Levine et al., 2014). Таким образом, организмы животных стимулирует потребление несбалансированных продуктов таким образом, который связан с негативными долгосрочными последствиями для здоровья.

Повышение качества белка в рационе может повлиять на его жизненную форму без ущерба для скорости роста. Тем не менее, понимание того, как оптимизировать содержание аминокислот в рационе, не является тривиальным, поскольку представляет собой проблему балансировки в 20

измерениях. В то время как в настоящее время создана теоретическая основа (Simpson and Raubenheimer, 2012), количественный, основанный на фактических данных подход к оптимальному составлению баланса корма, не основанный на эмпирических данных, до сих пор труднодостижим. Открытие такого определения для основных компонентов питания может изменить отрасль: корма могли бы быть разработаны так, чтобы соответствовать требованиям потребителя без необходимости длительных испытаний.

Цель настоящей работы – изучение биологических основ кормления лососевых рыб в части установления необходимого для оптимального развития соотношения аминокислот в корме. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи.

Задачи: используя протеом кижуча, подсчитать соотношение аминокислот во всех транскрибируемых белках организма. Сравнить указанное соотношение аминокислот с соотношениями аминокислот в промышленном комбикорме, икре и тканях всего тела кижуча.

Провести рыбоводно-биологические испытания комбикорма, созданного с учетом соотношения аминокислот в протеоме на молоди лососевых рыб.

Выводы

1. Протеом *Oncorhynchus kisutch* представлен 57592 белками, которые состоят в сумме из 33285076 аминокислот, и имеет следующее соотношение по отдельным аминокислотам:

Аминокислота	Количество в протеоме, % от суммы
Аланин	6,40%
Аргинин	5,74%
Аспарагин	3,76%
Аспарат	5,17%
Цистеин	2,13%
Глутамин	4,95%
Глутамат	6,99%
Глицин	6,68%
Гистидин	2,77%
Изолейцин	4,09%
Лейцин	9,28%
Лизин	5,55%
Метионин	2,50%
Фенилаланин	3,31%
Пролин	6,20%
Серин	8,73%
Треонин	5,80%
Триптофан	1,08%
Тирозин	2,64%
Валин	6,22%

2. Аминокислотный состав протеома кижуча незначительно отличается от аминокислотного состава всего организма рыбы, при этом значительно отличаясь по отдельным аминокислотам от икры, состав которой обычно принимают за «идеальный белок». Таким образом, аминокислотный состав протеома можно использовать как «идеальный белок» в качестве альтернативы икре при разработке состава комбикормов для лососевых пород рыб.

3. Высокие показатели прироста, в среднем 452,4 мг за срок эксперимента, при неоптимальных температурных условиях показывают эффективность корма со сбалансированной белковой частью. Такой корм несложно создать для любого организма, экзот или протеом которого известны. Новые комбикорма со сбалансированными аминокислотами могут снизить стоимость питания животных и ускорить их рост, что может интенсифицировать аквакультуру в частности и сельское хозяйство в целом.

Список литературы

1. Антипова, Л. В., Сторублевцев С. А. Сравнительные свойства коллагеновых белков рыбного и животного происхождения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 28.09.2016 г.
2. Багров А.М. Истоки и достижения рыбоводной науки России на пороге XXI века // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры: Сбор. науч. тр. — М.: ВНИИПРХ, 2000. — Вып. 75. — С. 3–9.
3. Баштовой Александр Николаевич, Валова Вера Николаевна, Тимчишина Галина Николаевна, Павелъ Константин Геннадьевич, Якуш Евгений Валентинович, Павловский Алексей Михайлович, Сравнительная оценка стартовых традиционных и ферментированных комбикормов для молоди тихоокеанских лососей, Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра), 2017
4. Валова В.Н. Проблема качественной оценки заводских популяций тихоокеанских лососей // Вопросы взаимодействия естественных и искусственных популяций лососей. Сб. науч. докл. российско-американской конф. по сохранению лососевых. - Хабаровск, 2000. - С. 107-110.
5. ГОСТ 10385-2014 Комбикорма для рыб. Общие технические условия
6. Гриценко О.Ф., Гришин А.Ф., Захаров А.В., Шелепаха Г.Н. Воспроизводство гобуши *Oncorhynchus gorbuscha* о-ва Сахалин // Вопросы ихтиологии. 1989. т. 29. Вып. 3. С. 377-386
7. Департамент рыболовства и аквакультуры ФАО. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры, 2010.
8. Душкина Л. Что могут дать водные пастбища и плантации // Рыбоводство и рыболовство. 1984. № 9. — С. 1.

9. Золотова З.К. Мировая аквакультура на рубеже столетий: статистика и прогнозы // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры: Сбор. науч. тр. — М.: ВНИИПРХ, 2000. Вып. 75. —С. 23–37.
10. Каев А.М., Игнатьев Ю.И. Развитие заводского разведения тихоокеанских лососей в Сахалино-Курильском регионе и его значение для промысла // Труды ВНИРО, 2015. Т.153. С.95-103.
11. Леман, В. Н. Иллюстрированный определитель лососеобразных рыб Камчатки / В. Н. Леман, Е. В. Есин ; Всерос. научно-исслед. ин-т рыбного хоз-ва и океанографии ; [авторы фото: Е. В. Золотин, Е. В. Есин [и др.] ; авторы рис.: Е. В. Есин и Н. А. Моручкова]. — М. : изд-во ВНИРО, 2008. — 100 с. : ил.
12. Любаева Т.Н., Любаев В.Я., Сидорова С.В. Формирование заводских популяций кеты и их вселение в естественную среду (на примере Охотского РЛЗ) // Сб. научн. докл. росс. - америк. конф. по сохранению лососевых: Вопросы взаимодействия естественных и искусственных популяций лососей. - Хабаровск, 2000. - С. 70-79.
13. Национального центра биотехнологической информации
URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>. Дата обращения: 08.08.2018.
14. Остроумова, Ирина Николаевна. Биологические основы кормления рыб / И.Н. Остроумова; Гос. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. рыб. хоз-ва (ГосНИОРХ). - СПб. : ГОНИОРХ, 2001. - 372 с. : табл.; 21 см.
15. Северьянова Л.А., Долгинцев М.Е. Современное представление о действии аминокислоты L-лизина на нервную и иммунную регуляторные системы. Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье», 2007 г.
16. Сергиева З.М., Бурлаченко И.В., Николаев А.И., Яхонтова И.В. Основные этапы становления искусственного воспроизводства водных биологических ресурсов в России // Труды ВНИРО, 2015 г. т.153. С.3-25.
17. Смирнов А. И. Биология размножения и развития тихоокеанских лососей. Изд-во МГУ, 1975, 336 с. Смирнов Б.П., Леман В.Н.,

- Шульгина Е.В. Заводское воспроизводство тихоокеанских лососей в России: современное состояние, проблемы, перспективы // Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока. Мат. VII науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей», Петропавловск-Камчатский, 2006. С.16- 26
18. Щербина, Гамыгин, кормление рыб в пресноводной аквакультуре. – М.:Изд-во ВНИРО, 2006.- 360с.
19. Akiyama, T., Oohara, I. and Yamamoto, T. (1997). Comparison of essential amino acid requirements with A/E ratio among fish species. *Fisheries Sci.*, 63: 963-970.
20. Arai, S. A purified test diet for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, fry. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1981, 47: 547-550.
21. Arzel, J., Mètailler, R., Kerleguer, C., LeDelliou, H. and Guillaume, J. (1995). The protein requirement of brown trout (*Salmo trutta*) fry. *Aquaculture*, 130: 67-78.
22. Brown, P.B. (1995). Using whole-body amino acid patterns and quantitative requirements to rapidly develop diets for new species such as striped bass (*Morone saxatilis*). *J. Appl. Ichthyol.*, 11: 342- 346.
23. Cho, C.Y., Kaushik, S.J. and Woodward, B. (1992). Dietary arginine requirement of young rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 102A: 211-216.
24. Cowey, C.B. (1995). Protein and amino acid requirements: A critique of methods. *J. Appl. Ichthyol.*, 11: 199-204.
25. D'Mello, J.P.F. (2003). Amino acids as multifunctional molecules. In: *Amino Acid in Animal Nutrition*. 2nd edn. CAB International, Wallingford, UK, pp. 1-14.
26. Foster, I.; Ogata, H.Y. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. *Aquaculture*, v.161, p.131-142, 1998

- 27.Lall, S.P., Kaushik, S.J., Le Bail, P.Y., Anderson, S.A., Keith, R. and Plisetskaya, E. (1994). Quantitative arginine requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 124: 13-25.
- 28.Lall S.P., Anderson S. Amino acid nutrition of salmonids: Dietary requirements and bioavailability. In: Montero D. (ed.), Basurco B. (ed.), Nengas I. (ed.), Alexis M. (ed.), Izquierdo M. (ed.) . *Mediterranean fish nutrition*. Zaragoza: CIHEAM, 2005. p. 73-90 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 63)
- 29.Le Couteur DG, Tay SS, Solon-Biet SM, Bertolino P, McMahon AC, Cogger VC, Pichaud N, Horan M, Correa C, Melvin RG, et al. The Influence of Macronutrients on Splanchnic and Hepatic Lymphocytes in Aging Mice. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2014;1–9. doi: 10.1093/gerona/glu196.[PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
- 30.Lee KP, Simpson SJ, Clissold FJ, Brooks R, Ballard JW, Taylor PW, Soran N, Raubenheimer D. Lifespan and reproduction in *Drosophila*: New insights from nutritional geometry. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2008;105:2498–2503.
- 31.Levine ME, Suarez JA, Brandhorst S, Balasubramanian P, Cheng CW, Madia F, Fontana L, Mirisola MG, Guevara-Aguirre J, Wan J, Passarino G, Kennedy BK, Wei M, Cohen P, Crimmins EM, Longo VD *Cell Metab*. Low protein intake is associated with a major reduction in IGF-1, cancer, and overall mortality in the 65 and younger but not older population. 2014 Mar 4; 19(3):407-17.
- 32.Luzanna, U., Hardy, R.W. and Halver, J.E. (1998). Dietary arginine requirement of fingerling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture*, 163: 135-170.
- 33.Moon, H.Y. and Gatlin, D.M. (1991). Total sulfur amino acid requirement of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 95: 97-106.
- 34.Murad Al-Holy, Barbara Rasco. Characterisation of salmon (*Oncorhynchus keta*) and sturgeon (*Acipenser transmontanus*) caviar proteins/ *Journal of Food Biochemistry* 30 (2006) 422–428.

- 35.NRC (National Research Council) (1993). Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, DC, 114 pp.
- 36.Park, G., Takeuchi, T., Yokoyama, M. and Seikai, T. (2002). Optimal dietary taurine level for growth of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fish Sci.*, 68: 824-829.
- 37.Rodehutscord, M., Jacobs, S., Peck, M. and Pfeffer, E. (1995). Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growing from 50 to 170 g to supplements of either L- to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimate of maintenance requirement for essential amino acids. *J. Nutr.*, 126: 1166-1177.
- 38.Rodehutscord, M., Becker, A., Peck, M. and Pfeffer, E. (1997). Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimate of maintenance requirement for essential amino acids. *J. Nutr.*, 126: 1166-1177.
- 39.Simpson, S.J., Raubenheimer, D., 2005. Obesity: the protein leverage hypothesis. *Obes Rev* 6(2), 133–142.
- 40.Solon-Biet S, McMahon A, Ballard JWO, Ruohonen K, Wu L, Cogger V, Warren A, Huang X, Pichaud N, Melvin RG, et al. The ratio of macronutrients, not caloric intake, dictates cardiometabolic health, aging and longevity in ad libitum-fed mice. *Cell Metab.* 2014;19:418–430.
- 41.The Nature of Nutrition A Unifying Framework from Animal Adaptation to Human Obesity Stephen J. Simpson & David Raubenheimer. Editions. Hardcover. 2012 Published by: Princeton University Press. Pages: 256.
- 42.Walton, M.J., Cowey, C.B. and Adron J.W. (1982). Methionine metabolism in rainbow trout fed diets of differing methionine and cystine content. *J. Nutr.*, 112: 1525-1535.
- 43.Walton, M.J., Cowey, C.B., Coloso, R.M. and Adron, J.W. (1986). Dietary requirements of rainbow trout for tryptophan, lysine and arginine determined by growth and biochemical measurements. *Fish Physiol. Biochem.*, 2: 161-169.

44. Wilson, R.P., Allen Jr, O.W., Robinson, E.H. and Poe, W.E. (1978). Tryptophan and threonine requirements of fingerling channel catfish. *Journal of Nutrition*, 108: 1595-1599.
45. Wilson, R.P. (1991). Amino acid nutrition of fish: A new method of estimating requirement values. In: *Proceedings of the 12th US-Japan Symposium on Aquaculture Nutrition*, October 1991, Newport, Oregon, pp. 49-54.
46. Wilson, R.P. (2003). Fish Nutrition. In: *Amino Acids and Proteins*, Halver, J.E. and Hardy, R.W. (eds). Academic Press, San Diego, USA, pp. 143-179.