

5. Tarolli P., Luo J., Park E., Barcaccia G., Masin R. Soil salinization in agriculture: Mitigation and adaptation strategies combining nature-based solutions and bioengineering // *iScience*. 2024. V. 27. № 2. e108830. doi: 10.1016/j.isci.2024.108830.
6. Kamran M., Parveen A., Ahmar S., Malik Z., Hussain S., Chattha M.S., Saleem M.H., Adil M., Heidari P., Chen J.T. An overview of hazardous impacts of soil salinity in crops, tolerance mechanisms, and amelioration through selenium supplementation // *Int. J. Mol. Sci.* 2019. V. 21. № 1. P. 148. doi: 10.3390/ijms21010148.
7. Буянов С. Почему казахстанским фермерам не хватает пастбищ. URL: <https://eldala.kz/спецпроекты/15498-pochemu-kazahstanskim-fermeram-ne-hvataet-pastbishch> (дата обращения: 27.03.2024).
8. Pan J., Xue X., Huang C., You Q., Guo P., Yang R., Da F., Duan Z., Peng F. Effect of salinization on soil properties and mechanisms beneficial to microorganisms in salinized soil remediation: A review // *Res. Cold Arid Reg.* 2024. V. 16. № 3. P. 121–128. doi: 10.1016/j.rcar.2024.07.001.
9. Zhang T., Jian Q., Yao X., Guan L., Li L., Liu F., Zhang C., Li D., Tang H., Lu L. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) improve the growth and quality of several crops // *Heliyon*. 2024. V. 10. № 10. e31553. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e31553.
10. Brambilla S., Stritzler M., Soto G., Ayub N. A synthesis of functional contributions of rhizobacteria to growth promotion in diverse crops // *Rhizosphere*. 2022. V. 24. e100611. doi: 10.1016/j.rhisph.2022.100611.
11. de Andrade L.A., Santos C.H.B., Frezarin E.T., Sales L.R., Rigobelo E.C. Plant growth-promoting rhizobacteria for sustainable agricultural production // *Microorganisms*. 2023. V. 11. № 4. P. 1088. doi: 10.3390/microorganisms11041088.
12. Guimaraes G.S., Rondina A.B.L., Santos M.S., Nogueira M.A., Hungria M. Pointing out opportunities to increase grassland pastures productivity via microbial inoculants: attending the society's demands for meat production with sustainability // *Agronomy*. 2022. V. 12. № 8. P. 1748. doi: 10.3390/agronomy12081748.
13. Aasfar A., Bargaz A., Yaakoubi K., Hilali A., Bennis I., Zeroual Y., Meftah Kadmiri I. Nitrogen fixing *Azotobacter* species as potential soil biological enhancers for crop nutrition and yield stability // *Front. Microbiol.* 2021. V. 12. e628379. doi: 10.3389/fmicb.2021.628379.
14. Senthilkumar M., Amaresan N., Sankaranarayanan A. Quantitative estimation of nitrogenase activity: Acetylene reduction assay // *Plant-Microbe Interactions*. 2021. P. 716–800. doi: 10.1007/978-1-0716-1080-0_5.
15. Haskett T.L., Knights H.E., Jorin B., Mendes M.D., Poole P.S. A Simple in situ Assay to Assess Plant-Associative Bacterial Nitrogenase Activity // *Front. Microbiol.* 2021. V. 12. e690439. doi: 10.3389/fmicb.2021.690439.
16. Боровиков В.П. Популярное введение в современный анализ данных в системе STATISTICA 10.0, ver. 6. Москва: Горячая линия-Телеком, 2016. 288 с.
17. Gomez-de-Mariscal E., Guerrero V., Sneider A. et al. Use of the p-values as a size-dependent function to address practical differences when analyzing large datasets // *Sci. Rep.* 2021. V. 11. e20942. doi: 10.1038/s41598-021-00199-5.
18. Muhammad M., Waheed A., Wahab A., Majeed M., Nazim M., Liu Y.H., Li L., Li W.J. Soil salinity and drought tolerance: An evaluation of plant growth, productivity, microbial diversity, and amelioration strategies // *Plant Stress*. 2024. V. 11. e100319. doi: 10.1016/j.stress.2023.100319.

УДК 637.146

DOI: <http://doi.org/10.20914/2304-4691-2025-4-42-43>

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЗЕЛеноЙ МАССЫ АМАРАНТА КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА БЕЛКА В КОРМЛЕНИИ РЫБ

Л.А. Мирошниченко², С.В. Образцова¹, В.В. Пушкарь¹,
О.В. Зверева¹, О.С. Корнеева¹

¹Воронежский государственный университет инженерных технологий, Россия

²ООО НПХ «АмарантАгро»

В последние годы аквакультура переживает значительный рост во всем мире. Это обусловлено прежде всего ухудшением экологической обстановки – истощение природных рыбных запасов не позволяет удовлетворить растущую потребность населения в рыбопродуктах и кормах для рыб. Поиск доступных и экономичных источников протеина, способных заменить рыбную муку, становится приоритетной задачей для развития отрасли. Производство высококачественных рыбных кормов в России зачастую зависит от импортного сырья, что сказывается на их цене и снижает продовольственную безопасность государства.

В качестве альтернативных источников протеина, помимо рыбной муки, рассматриваются гидролизные дрожжи, личинки насекомых и растительные компоненты. В связи с этим, значительные надежды возлагаются на использование растительных шротов и белковых концентратов для выращивания различных гидробионтов, а также на поиск новых кормовых культур, богатых

полноценным белком. [1. 3] Таким образом, ключевая цель кормопроизводства в России – создание доступных по цене комбикормов, отвечающих основным потребностям объектов аквакультуры и обеспечивающих эффективное выращивание рыбы.

В зарубежных странах при составлении рационов учитывается аминокислотный, жирнокислотный и витаминный состав для каждого вида рыбы, с учётом возраста и условий её содержания. Это позволяет оптимизировать расход кормов за счёт их лучшей усвояемости, повысить продуктивность, выживаемость и здоровье рыбы. В России же при разработке комбикормов в основном учитывается содержание сырого протеина, жира, клетчатки, кальция, фосфора и лизина, что недостаточно для полноценной балансировки рецептуры и производства качественного продукта [2, 5].

Рыбная мука является основным и самым дорогим ингредиентом для производства аквакормов. Она обеспечивает белок, незаменимые аминокислоты, энергию, минералы и витамины в аквакормах. Учитывая текущее быстрое развитие индустрии аквакультуры, конкуренция ограниченные глобальные поставки рыбная мука может снизить его доступность и повысить его цену. [4. 5]

Альтернативный корм должен обладать такими свойствами, как высокая доступность, конкурентноспособная цена, а также простота транспортировки и хранения. Кроме того, с учетом пищевых аспектов альтернативный источник белка должен содержать низкое количество клетчатки (< 6%), углеводов, включая крахмал (< 20%) и некрахмальные полисахариды (< 8%), высокий уровень перевариваемого белка ($\geq 48\%$), соответствующий профиль незаменимых аминокислот (аргинин > 3, лизин > 3,5, метионин > 1,5, треонин > 2,2 % от общего профиля) и соответствующие вкусовые качества [1].

Одним из наиболее перспективных видов сырья для производства кормовых добавок является амарант, привлекающий к себе внимание относительно низкой стоимостью, высокой урожайностью и простотой возделывания. Он содержит 14-28 % легкоусвояемого белка, витамины В, С, Е, Р, каротиноиды, макро-, микроэлементы. Белки амаранта по аминокислотному составу не уступают соевому белку и молочному казеину, имеют высокую перевариваемость (90 %), сбалансированы по количеству незаменимых аминокислот. Использование амаранта в кормах делает рацион животных более полноценным и сбалансированным, способствует повышению продуктивности и сохранности поголовья, позволяет заменить продукты животного происхождения в составе комбикормов. [7]

Однако наряду с полезными питательными веществами в амаранте, как и другом растительном сырье, могут накапливаться и антипитательные компоненты, которые способствуют ухудшению усвоения кормов, замедлению роста и снижению продуктивности животных и аквакультуры. В связи с этим необходимо разработать способ ферментативной деструкции антипитательных веществ, обеспечивающий максимальное их извлечение из зеленой массы амаранта для дальнейшего использования в рационе рыб.[7]

Таким образом необходимо разработать биотехнологический метод ферментативной предварительной обработки зеленой массы амаранта для снижения антипитательных веществ с целью повышения биологической ценности кормов для рыб. А также подобрать способ снижения влажности зеленой массы амаранта для оптимизации режимов сушки.

Литература

1. Колмаков В.И., Колмакова А.А. Аминокислоты в перспективных кормах для аквакультуры рыб: обзор экспериментальных данных // Журн. Сиб. федер. ун-та. Сер.: Биол. 2020. Т. 13. № 4. С. 424–442.
2. Ткачева И.В., Мальцева Т.А., Яронтовский В.Е., Оганисян М.М. Новая углеводно-минеральная добавка для садкового выращивания осетровых видов рыб // Изв. Нижневолж. агроунивер. комплекса: Наука и высш. проф. образование. 2024. № 5 (77). С. 201–209. doi: 10.32786/2071-9485-2024-05-22.
3. Ульрих Е.В., Верхотуров В.В. Альтернативные источники белка для кормления рыбы (обзор) // Технол. и товаровед. иннов. пищ. продуктов. 2022. № 5 (76). С. 72–78. doi: 10.33979/2219-8466-2022-76-5-72-78.
4. Листвинов С.В. Текущая ситуация и тенденции развития отечественной индустрии комбикормов для аквакультуры // Актуальные вопросы и перспективы развития региональной и отраслевой экономики: сб. науч. ст. обучающихся. Москва: ОЧУ ВО «Московский инновационный университет», 2023. С. 168–176.
5. Пахомов В.И., Хлыстунов В.Ф., Брагинцев С.В., Бахчевников О.Н. Состояние и перспективы использования растительного сырья в кормах для аквакультуры (обзор) // Аграр. наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 3. С. 281–294. doi: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.281-294.
6. Кошак Ж.В., Гринько А.Н., Алешин Д.Е., Буряков Н.П. Альтернативные источники белка в кормлении рыбы // Аграр. вестн. Нечерноземья. 2024. № 1 (13). С. 54–62. doi: 10.52025/2712-8679_2024_01_54.
7. Образцова С.В., Бондарева О.В., Свиридова Т.В. и др. Определение фракционного состава зеленой массы амаранта // Вестн. Воронеж. гос. ун-та инж. технол. 2023. Т. 85. № 2 (96). С. 164–169. doi: 10.20914/2310-1202-2023-2-164-169.