

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЛИПИДОВ В МИКРОВОДОРОСЛЯХ

Морщинин И.В. (ИТМО), Назарова В.И. (ИТМО), Видлер А.Д. (ИТМО), Кулешова К.А. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Молодкина Н.Р. (ИТМО)

Введение. Микроводоросли представляют собой перспективный биологический ресурс, который в последние годы привлекает все большее внимание научного сообщества и промышленности. Эти микроорганизмы обладают способностью накапливать значительные количества липидов, которые могут быть использованы для производства биотоплива, фармацевтических препаратов и пищевых добавок [3]. Развитие эффективных методов определения содержания липидов в микроводорослях имеет ключевое значение для оптимизации их культивирования и переработки.

Традиционные методы экстракции липидов из микроводорослей включают использование органических растворителей, таких как хлороформ или гексан. Например, смесь хлороформ-метанол в соотношении 2:1 широко используется для экстракции липидов из *Chlorella vulgaris* [1]. Однако эти подходы часто требуют больших объемов растворителей и могут быть неэффективными при работе с влажной биомассой. Современные исследования направлены на разработку более эффективных и экологически чистых технологий экстракции, таких как сверхкритическая флюидная экстракция или ферментативная дезинтеграция клеток [8].

Кроме того, точное количественное определение содержания липидов является важным этапом оценки потенциала различных штаммов микроводорослей для промышленного применения. Для этого используются различные аналитические методы: гравиметрический анализ после экстракции растворителями (метод Цоллнера-Кирша) [3], спектрофотометрия с флуоресцентными зондами (например, Nile Red) и хроматографические методы (высокоэффективная жидкостная хроматография) [2].

Целью настоящей работы является обзор современных количественных методов определения содержания липидов в микроводорослях с учетом новых технологических достижений и аналитических подходов. В работе будут рассмотрены традиционные методы экстракции липидов из микроводорослей, современные инновационные подходы к их извлечению и применению различных аналитических техник для оценки качества получаемых продуктов.

Основная часть.

Экстракция липидов из микроводорослей является ключевым этапом в производстве биодизеля и других продуктов. Наиболее распространенными методами являются техники Фолча и Блая-Дайера, использующие смесь хлороформа и метанола в разных соотношениях. Метод Фолча с соотношением 2:1 обеспечивает эффективность экстракции до 94.9% от общего содержания липидов в влажной биомассе *Chlorella vulgaris* [2]. Аналогично, метод Блая-Дайера с соотношением 1:2 дает $\geq 95\%$ выхода липидов как из мокрой, так и из сухой биомассы [2].

Метод Сокслета представляет собой непрерывный процесс использования растворителя (обычно гексана или этанола) для извлечения липидов. Он особенно полезен при работе с большими объемами биомассы, хотя высокая температура процесса может привести к деградации ненасыщенных жирных кислот.

Современные аналитические методы количественного определения

Для проведения гравиметрического анализа, после экстракции растворителем количественное определение содержания липидов проводится путем выпаривания растворителя и взвешивания сухого остатка. Однако этот метод не различает классы

липидов.

Использование Nile Red позволяет оценить содержание нейтральных триацилглицеринов *in vivo* без разрушения клеток микроводорослей. Интенсивность свечения коррелирует с концентрацией нейтральных жиров в диапазоне от 5 до 30% от сухой массы биомассы [5].

Выводы. В ходе настоящего исследования были рассмотрены различные методы экстракции и количественного определения содержания липидов в микроводорослях. Традиционные методы, такие как техники Фолча и Блая-Дайера, демонстрируют высокую эффективность экстракции липидов из биомассы микроводорослей, достигая выхода более 95% при использовании смеси хлороформа и метанола. Однако эти подходы требуют значительных объемов растворителей и могут быть неэффективными при работе с влажной биомассой.

Современные аналитические методы, включая гравиметрический анализ после экстракции растворителями и спектрофотометрию с флуоресцентными зондами (например, Nile Red), позволяют точно определять содержание липидов в образцах. Спектрофотометрия особенно полезна для быстрого скрининга штаммов-продуцентов во время культивирования.

Список использованных источников:

1. Jordi Folch, M. Lees, G.H. Sloane Stanley, A SIMPLE METHOD FOR THE ISOLATION AND PURIFICATION OF TOTAL LIPIDES FROM ANIMAL TISSUES // *Journal of Biological Chemistry*. – 1957. – Volume 226. – Issue 1. – Pages 497-509
2. Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification // *Can J Biochem Physiol*. – 1959. – T. 31. – №8. – p. 911-917.
3. Sunja Cho, Thanh Thao Luong, Dukhaeng Lee, You-Kwan Oh, Taeho Lee, Reuse of effluent water from a municipal wastewater treatment plant in microalgae cultivation for biofuel production // *Bioresource Technology*. – 2011. – Volume 102. – Issue 18. – P. 8639-8645
4. Z.M.A. Bundhoo, Microwave-assisted conversion of biomass and waste materials to biofuels // *Renew. Sust. Energ. Rev.*–2018.– Vol 82. – pp. 1149 – 1177
5. Zöllner, N., Kirsch, K. Über die quantitative Bestimmung von Lipoiden (Mikromethode) mittels der vielen natürlichen Lipoiden (allen bekannten Plasmalipoiden) gemeinsamen Sulfophosphovanillin-Reaktion // *Z. Gesamte Exp. Med.* – 1962.–Vol. **135**. –545–561 (1962).
6. G. Venkata Subhash, M. Rajvanshi, B. Navish Kumar, S. Govindachary, V. Prasad, S. Dasgupta, Carbon streaming in microalgae: extraction and analysis methods for high value compounds // *Bioresour. Technol.*–2017.–Vol. 244.–pp. 1304–1316
7. A.M. Escorsim, G. da Rocha, J.V.C. Vargas, A.B. Mariano, L.P. Ramos, M.L. Corazza, C.S. Cordeiro, Extraction of *Acutodesmus obliquus* lipids using a mixture of ethanol and hexane as solvent // *Biomass Bioenergy*. – 2018.–Vol. 108.– pp. 470 – 478
8. R.R. Dos Santos, D.M. Moreira, C.N. Kunigami, D.A.G. Aranda, C.M.L.L. Teixeira, Comparison between several methods of total lipid extraction from *Chlorella vulgaris* biomass // *Ultrason. Sonochem.* –2015. –Vol. 22. –pp. 95-99