

2. Смирнов, П. М. Агрехимия / П. М. Смирнов, Э. А. Муравин – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – С. 63-67.

3. Калий-40. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/> Дата доступа: 12.12.2025.

4. Продукция ОАО «Беларуськалий» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://belaruskali.by/products> // Дата доступа: 10.11.2025.

УДК 639.64

М. С. Мамаджанова, маг.,
Д. Т. Мирзарахметова, проф., д-р техн. наук
(ТМУК, г. Ташкент, Узбекистан)

ВЫДЕЛЕНИЕ КАРОТИНОИДОВ ИЗ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ *DUNALIELLA SALINA*

В последние годы возрастает интерес к использованию микроводорослей как возобновляемого и экологически безопасного источника каротиноидов, что связано с их высокой продуктивностью и возможностью управляемого культивирования [1]. Особое внимание уделяется микроводоросли *Dunaliella salina*, способной при стрессовых условиях накапливать значительные количества β-каротина, превышающие показатели большинства других фотосинтезирующих организмов [2]. Эффективность получения каротиноидов определяется не только условиями культивирования, но и выбором методов экстракции и растворителей, обеспечивающих высокий выход целевых соединений при сохранении их структуры [3].

Целью данной работы являлось культивирование микроводоросли *Dunaliella salina* с переводом культуры в оранжевую фазу и экспериментальное исследование эффективности экстракции β-каротина из сухой биомассы микроводорослей.

Объектом исследования служила микроводоросль вида *Dunaliella salina*, выделенная из гиперсолёных озёр Приаралья.

Использована питательная среда следующего состава (г/л): NaCl – 200; MgSO₄ × 7H₂O – 50; KNO₃ – 2,5; K₂HPO₄ – 0,2; NaHCO₃ – 1,0; FeSO₄ × 7 H₂O – следы; Ca(NO₃)₂ – следы; раствор микроэлементов –

1 мл. Раствор микроэлементов (г/л): H₃BO₃ – 2,860; MnCl₂ × 4 H₂O – 1,810; ZnSO₄ × 7 H₂O – 0,222; MoO₃ – 0,018; NH₄VO₃ – 0,023. Раствор биогенных элементов (г/л): MgSO₄ × 7H₂O – 500; KNO₃ – 25; K₂HPO₄ – 2; NaHCO₃ – 10; железозаммиачные квасцы – 0,14.

Культивирование микроводоросли проводили в сосуде объемом 600 мл, содержащей 500 мл питательной среды с встроенными прозрачными полиуретановыми пластинками диаметром 7 см (25 шт)

при естественном освещении (700-1000 Лк ($\mu\text{Mol (photons) s}^{-1}\text{m}^{-2}$)).

Культивирование микроводоросли проводили в двухступенчатом режиме с контролем ключевых параметров среды, включая температуру, освещённость, содержание CO и минерализацию с помощью сенсоров (Switzerland Group, Узбекистан). Оптическую плотность суспензии измеряли спектрофотометрически при длине волны 550 нм, что позволяет оценить концентрацию клеточной биомассы, которая составила 1,129 [4–5]. В процессе культивирования было зафиксировано постепенное изменение окраски биомассы от зелёной к оранжевой, сопровождающееся уменьшением объёма суспензии и появлением кристаллизации солей. Наблюдаемая пигментация свидетельствовала о переходе микроводорослей в стрессовое состояние и активном накоплении каротиноидов, что согласуется с современными литературными данными [4]. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Ключевые параметры условий при культивировании микроводорослей *Dunaliella salina*

CO ₂ , ×100, ppm/m ³	Освещение, ×10, лкс	Минерализация, ×1000, ppm/m ³	Температура, °C
270	121,66	81	35,01

По завершении стадии культивирования вся красная суспензия была объединена и подвергнута центрифугированию при 10000 об/мин в течение 10 мин. Полученный осадок промывали стерильной водой и высушивали при температуре 25°C до получения сухой порошкообразной массы. Это в дальнейшем использовали для экстракции каротиноидов.

Для оценки эффективности экстракции β-каротина был использован в качестве органического растворителя этанол. Экстракцию проводили в стеклянной пробирке, объемом 10 мл при температуре 56 °C с использованием 300 мг сухой биомассы микроводорослей и 5 мл 85% об этанола в течение 60 мин. Контролем служили те же условия только без воздействия ультразвука. Анализ показал, что этанол обеспечивал наиболее полное извлечение каротиноидов, что проявлялось интенсивной жёлто-оранжевой окраской экстракта. Аналогичные результаты отмечаются в современных исследованиях, где этанол рассматривается как оптимальный и безопасный растворитель для экстракции каротиноидов из микроводорослей [1–4].

Таблица 2 – Результаты спектрометрического определения концентрации каротиноидов

N	D480нм	D750нм	D480 - D750нм	Количество каротиноидов, мг/г
Опыт	0.970	1,141	0,829	27,63
Контроль	0.627	0,264	0,363	12,1

Для интенсификации процесса экстракции была применена ультразвуковая обработка в опыте (20 kHz, 50W, импульс 2 сек, 60 минут) сухой биомассы (300 мкг) в 85%-ном этаноле (5 мл) при температуре 50°C. Ультразвуковое воздействие способствовало разрушению клеточных структур и увеличению выхода β -каротина (Табл. 2), что соответствует современным подходам к повышению эффективности экстракции биологически активных веществ [4].

Среди исследованных растворителей наибольшую эффективность продемонстрировал этанол, обеспечивающий высокий выход каротиноидов и соответствующий требованиям биотехнологической безопасности [1,4]. Применение ультразвуковой обработки позволяет значительно повысить эффективность экстракции и может быть рекомендовано для дальнейшей оптимизации процессов получения каротиноидов из микроводорослей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhang J., Kong F., Li X. Optimization of carotenoid accumulation in *Dunaliella salina* under stress conditions // *Bioresources and Bioprocessing*. – 2022. – Т. 9, № 1. – С. 1–12.
2. Christaki E., Bonos E., Giannenas I. Microalgae as a natural source of carotenoids for food and feed applications // *Marine Drugs*. – 2021. – Т. 19, № 5. – С. 1–26.
3. Sayegh F., Taha A., Al-Haj L. Ultrasound-assisted extraction of carotenoids from microalgae biomass // *Frontiers in Marine Science*. – 2025. – Т. 12. – С. 1–14.
4. Rodríguez-Amaya D.B. Update on natural food carotenoids: sources, stability and extraction methods // *Food Chemistry*. – 2021. – Т. 338. – С. 127–135.
5. López-Cruz R., Cerón-García M.C., Fernández-Sevilla J.M. Ethanol-based extraction of β -carotene from *Dunaliella salina* // *Algal Research*. – 2023. – Т. 68. – С. 102–110.

УДК: 547.372

С. А. Вахапова, маг., С. Д. Тангилова, маг.,
Ш. З. Муродова, студ. (КИУТ, г.Ташкент, Узбекистан)

ЗВЕРОБОЙ ПРОДЫРЯВЛЕННЫЙ И ЕГО АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ

Высокий уровень ультрафиолетового облучения в Узбекистане дает возможность растениям накапливать высокое содержание флавоноидов и определяет их высокий потенциал для фармацевтической промышленности. Поэтому, с точки зрения сырьевой базы для разра-