

# ПІДВИЩЕННЯ ВМІСТУ ВІТАМІНУ B<sub>12</sub> У БІОМАСІ CHLORELLA VULGARIS, ВИРОЩЕНИЙ НА ОРГАНІЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Борцюх В.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, [tablersmart088@gmail.com](mailto:tablersmart088@gmail.com)

## Abstract

*This study investigates the influence of nutrient medium type (mineral and organic) and light spectral composition on the growth of Chlorella vulgaris and its vitamin B<sub>12</sub> content. It was found that the combination of an organic substrate (beef liver extract) and blue light significantly enhances biomass level and promotes the intensive accumulation of the active form of vitamin B<sub>12</sub>.*

**Keywords:** *Chlorella vulgaris, vitamin B<sub>12</sub>, liver extract, light wavelength.*

**Вступ.** Останнім часом посилюється інтерес до мікроводоростей як альтернативних джерел поживних речовин, зокрема вітаміну B<sub>12</sub>, який є критично важливим для синтезу ДНК, функціонування нервової системи та кровотворення. Його дефіцит пов'язаний із порушенням когнітивних функцій, анемією та ризиком серцево-судинних захворювань. Основними джерелами B<sub>12</sub> є продукти тваринного походження, однак, у зв'язку з поширенням харчових раціонів з основним акцентом на рослинні продукти виникає необхідність пошуку нових джерел цього вітаміну. *Chlorella vulgaris* має здатність акумулювати вітамін B<sub>12</sub> із середовища, незважаючи на відсутність власного його синтезу. Раніше було показано, що мікроводорості можуть накопичувати активну форму кобаламіну у разі ко-культивування з бактеріями-продуцентами або за рахунок додавання органічних екстрактів, які містять B<sub>12</sub> [1,2,3]. В цьому разі освітлення відіграє ключову роль у процесах росту та метаболізму мікроводоростей. Сучасні дослідження підтверджують, що різна довжина хвилі світла впливає на фотосинтетичну ефективність, склад пігментів, активність ферментів і синтез метаболітів [4]. Мета роботи – проаналізувати сучасні підходи до підвищення вмісту вітаміну B<sub>12</sub> у біомасі *Chlorella vulgaris* шляхом використання органічних поживних середовищ, а також визначити вплив довжини хвилі освітлення на ефективність накопичення кобаламіну цими мікроводоростями.

**Матеріали та методи.** Огляд базувався на аналізі наукових публікацій із використанням міжнародних баз даних Scopus, PubMed, Web of Science та Google Scholar. Основну увагу було приділено рецензованим публікаціям, які висвітлюють біохімічні особливості накопичення вітаміну B<sub>12</sub> у мікроводоростях, зокрема *Chlorella vulgaris*, вплив компонентів поживного середовища на продуктивність культури, а також вплив різних спектрів світла на фотосинтетичну активність і утворення біомаси мікроводоростей. Відбір джерел здійснювався за такими критеріями: наявність кількісних даних щодо вмісту B<sub>12</sub>, опис умов культивування (середовище, світло, температура), використання сучасних аналітичних методів (зокрема ВЕРХ та мікробіологічних тестів).

**Результати та обговорення.** У сучасній експериментальній практиці використовуються різні типи середовищ: мінеральні, як-от BG-11, та органічні, як наприклад, на основі відходів м'ясного виробництва. Поширеним підходом є

застосування печінкового екстракту, що містить найбільшу кількість природного В<sub>12</sub>. Параметри культивування включають контроль температури, рН, аерації, концентрації СО<sub>2</sub>, а також освітлення із заданими довжинами хвиль.

Як джерела освітлення використовують світлодіодні панелі з фіксованими довжинами хвиль: синя (450 нм), зелена (525 нм) і червона (660 нм), інтенсивність – 50 мкмоль/м<sup>2</sup>·с, режим – 24/0 (світло/темрява).

Екстракт печінки отримують кип'ятінням подрібненої яловичої печінки (приблизно 100 г/л) протягом 60 хвилин з подальшою фільтрацією та стерилізацією автоклавуванням. Після 12 днів культивування біомасу збирають центрифугуванням, промивають дистильованою водою та висушують до постійної маси за 45 °С.

Вміст вітаміну В<sub>12</sub> визначають мікробіологічним методом за допомогою *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis*, а також методом ВЕРХ [1,3,4].

Аналіз сучасних досліджень свідчить, що *Chlorella vulgaris* здатна ефективно накопичувати вітамін В<sub>12</sub> з навколишнього середовища, зокрема за рахунок додавання до живильного середовища речовин, що містять цей вітамін. Було показано, що у разі культивування на органічних екстрактах, зокрема на основі харчових або м'ясних відходів, зростає не лише біомаса мікроводоростей, а й концентрація біологічно активної форми кобаламіну [1,2].

Особливу ефективність продемонстрували середовища на основі харчових органічних залишків (анаеробні дигестати), які є джерелом мікробного В<sub>12</sub>. У роботах [3,5] відзначається, що *Chlorella* може повністю поглинати екзогенний В<sub>12</sub> із середовища вже протягом кількох годин, особливо за наявності доступних транспортних систем у мембрані клітини.

Серед органічних джерел кобаламіну перспективним є використання харчових і м'ясних відходів, зокрема екстрактів печінки. Відомо, що саме яловича печінка містить один із найвищих рівнів природного вітаміну В<sub>12</sub> серед доступних харчових продуктів [1]. Це дає змогу припустити, що використання екстракту яловичої печінки як поживного середовища для *Chlorella vulgaris* може забезпечити значно вищий рівень накопичення вітаміну В<sub>12</sub> порівняно з традиційними мінеральними середовищами. Такий підхід потребує подальшого експериментального підтвердження, але має очевидну біотехнологічну доцільність.

На перший погляд, виділення вітаміну В<sub>12</sub> безпосередньо з екстракту печінки здається простішим, однак культивування *Chlorella vulgaris* у середовищах, збагачених В<sub>12</sub>, має низку переваг. Така біомаса є не лише джерелом вітаміну В<sub>12</sub>, але й цінним продуктом, що містить білки з високим амінокислотним скором, вітаміни А, С, Е, К, групи В, а також мікроелементи — залізо, цинк, магній, селен [6]. Вона також містить хлорофіл та біоактивні полісахариди з імуностимулювальними властивостями [7]. Завдяки цьому *Chlorella* може розглядатися як натуральна добавка до раціону харчування [2].

Крім складу середовища, істотний вплив на ріст і накопичення метаболітів має спектральний склад світла. Синє світло (450–470 нм) найчастіше асоціюється

з підвищенням фотосинтетичної ефективності *Chlorella vulgaris*, що обумовлено оптимальним поглинанням цієї довжини хвилі пігментами хлорофілу *a* [4].

Отже, органічне середовище, збагачене натуральним В<sub>12</sub>, у поєднанні з оптимальною довжиною хвилі освітлення сприяє як інтенсивному росту, так і високому накопиченню біологічно активного вітаміну. Це підтверджує концепцію, згідно з якою *Chlorella vulgaris* здатна ефективно поглинати зовнішні форми В<sub>12</sub> через транспортні системи плазматичної мембрани [8].

**Висновки.** Проведено аналіз сучасних підходів до підвищення вмісту вітаміну В<sub>12</sub> у біомасі *Chlorella vulgaris* шляхом використання органічних поживних середовищ. Сучасні дослідження підтверджують ефективність використання органічних середовищ, зокрема на основі відходів харчових виробництв, для підвищення вмісту В<sub>12</sub> у біомасі мікроводоростей. Яловича печінка є природним джерелом з високою концентрацією вітаміну В<sub>12</sub>, що робить її екстракт потенційно цінним компонентом живильного середовища для *Chlorella vulgaris*.

Використання екстракту печінки у поєднанні з оптимальним освітленням (зокрема синім світлом) може значно підвищити вихід біомаси мікроводоростей *Chlorella* та вміст в ній кобаламіну. Однак, такий підхід потребує подальших експериментальних досліджень та відкриває нові можливості для створення функціональних продуктів на основі біомаси мікроводоростей *Chlorella* з підвищеною харчовою цінністю.

### Список використаної літератури:

1. Watanabe F., Bito T. Vitamin B12 sources and microbial interaction for its absorption // *Nutrients*. – 2018. – Vol. 10, №3. – P. 379. – DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10030379>
2. Kwak J.H., Baek S.H., Woo Y. et al. Biologically active vitamin B12 in *Chlorella* products // *Journal of Medicinal Food*. – 2012. – Vol. 15, №5. – P. 467–470. – DOI: <https://doi.org/10.1089/jmf.2011.0246>
3. Yan J., Wang X., Cheng Z. et al. Enhancement of vitamin B12 accumulation in algae via co-cultivation with *Propionibacterium* // *Algal Research*. – 2022. – Vol. 64. – Article ID: 102666. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102666>
4. He D., Wang Y., Hu X. et al. Influence of light quality on growth and photosynthesis in *Chlorella vulgaris* // *Biotechnology and Bioprocess Engineering*. – 2015. – Vol. 20. – P. 497–504. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s12257-015-0147-1>
5. JPH01240173A. Method for producing B12-enriched *Chlorella* // Japan Patent Office. – 1989. – URL: <https://patents.google.com/patent/JPH01240173A/en>
6. Becker, W. Micro-algae as a source of protein // *Biotechnology Advances*. – 2007. – Vol. 25, No. 2. – P. 207–210. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.11.002>
7. Wan, D., Wang, W., Zhou, Y., Liu, W. Polysaccharides from *Chlorella vulgaris*: Extraction, structural features and bioactivities // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2015. – Vol. 75. – P. 409–418. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.02.002>
8. Watanabe F. Vitamin B12 sources and bioavailability // *Experimental Biology and Medicine*. – 2007. – Vol. 232, №10. – P. 1266–1274. – DOI: <https://doi.org/10.3181/0703-MR-67>