

Технічні науки

УДК 628.543

Косова Віра Петрівна

асистент кафедри біотехніки та інженерії

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Косова Вера Петровна

ассистент кафедры биотехники и инженерии

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Kosova Vira

Assistant Department of Bioengineering and Biotechnics

National technical university of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Войцеховський Сергій Олександрович

студент

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Войцеховский Сергей Александрович

студент

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Voitsekhovskyi Serhii

Student of Department of Bioengineering and Biotechnics of the

National technical university of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ВИРОЩУВАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ. АНАЛІЗ І ПЕРСПЕКТИВИ

ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ. АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ GROWING MICROALGAE. ANALYSIS AND PROSPECTS

***Анотація.** Здійснено аналіз стану вирощування мікроводоростей в промислових масштабах розвинутих країн. Розглянуто основні сфери їх застосування та проблеми виробництва.*

***Ключові слова:** фітопланктон, мікроводорості, біодизель, біопаливо, клітина, альтернативні поновлювані джерела, нерухома репродуктивна клітина.*

***Аннотация.** Осуществлен анализ выращивания микроводорослей в промышленных масштабах развитых стран. Рассмотрены основные сферы их применения и проблемы производства.*

***Ключевые слова:** фитопланктон, микроводоросли, биодизель, биотопливо, клетка, альтернативные возобновляемые источники, неподвижная репродуктивная клетка.*

***Summary.** The analysis of the state of microalgae cultivation on industrial scale of developed countries is carried out. The main areas of their application and problems of production are considered.*

***Key words:** phytoplankton, microalgae, biodiesel, biofuel, cell, alternative renewable sources, stationary reproductive cell.*

Останнім часом мікроводорості стали багатообіцяючою альтернативною сировиною, яка являє собою величезне біорізноманіття з безліччю переваг, що перевищують потенціал звичайної сільськогосподарської сировини. Як і будь-який інший фітопланктон, мікроводорості мають поживну цінність [1]. Першими, хто споживав синьо-зелену мікроводорість, були ацтеки і інші мезоамериканці, які

використовували цю біомасу в якості важливого джерела їжі. В даний час ці мікроскопічні організми, як і раніше споживаються в якості харчової добавки, такої як *Chlorella vulgaris* і *Spirulina platensis* [2], а їх продукти також використовуються для різних цілей, таких як барвники, фармацевтичні препарати, корм для тварин, аквакультура і косметика.

Протягом останніх двох десятиліть мікроводорості почали новий курс зі зростаючими потребами, викликаними виснаженням запасів викопного палива, наступним зростанням цін на нафту і проблемою глобального потепління. Ці проблеми змушують світ знаходити глобальні стратегії пом'якшення вуглекислого газу, пропонуючи альтернативні поновлювані джерела сировини і інтенсифікуючи дослідження біопалива. У цьому контексті мікроводорості в даний час розглядаються як перспективний стійкий енергетичний ресурс через їх здатність накопичувати велику кількість ліпідів, придатних для виробництва біодизеля, який дуже схожий на нафтове паливо [3]. Вони також виявилися джерелом таких продуктів, як білки, вуглеводи, пігменти, вітаміни і мінерали [4]. Крім того, мікроводорості захоплюють сонячне світло і виконують фотосинтез, виробляючи приблизно половину атмосферного кисню на Землі і поглинаючи величезну кількість вуглекислого газу в якості основної сировини. Тому вирощування їх поруч з електростанціями для спалювання має велике значення через їх чудову здатність поглинати вуглекислий газ, який вони перетворюють в потенційні компоненти біопалива, продуктів харчування, кормів і компонентів з високою доданою вартістю [5].

Мікроводоростей є величезне біорізноманіття, з якого вже описано близько 40 000 [6]. Одним з найбільш чудових є зелена еукаріотична мікроводорість *C. vulgaris*, яка відноситься до наступної наукової класифікації: Domain: Eukaryota, Kingdom: Protista, Division: Chlorophyta, Class: Trebouxiophyceae, Order: Chlorellales, Family: Chlorellaceae, Genus:

Chlorella, Specie: *Chlorella vulgaris*. Голландський дослідник Мартинус Віллем Бейерінк відкрив її у 1890 році як перша мікроводорість з чітко визначеним ядром [7]. Назва *Chlorella* походить від грецького слова *chloros* (Χλωρός), що означає зелений, а латинський суфікс *ella* - його мікроскопічний розмір. Це одноклітинна мікроводорість, яка росте у прісній воді і присутня на Землі з докембрійського періоду 2,5 мільярда років тому, і з тих пір її генетична цілісність не змінилася. До початку 1900-х років вміст білка хлорели (> 55% сухої маси) привернуло увагу німецьких вчених як нетрадиційне джерело їжі. У 1950-х роках Інститут Карнегі у Вашингтоні взяв участь в дослідженні і зумів виростити цю мікроводорість у великих масштабах для боротьби з викидами CO₂. В даний час Японія є світовим лідером у споживанні *Chlorella* і використовує її для лікування [8], оскільки вона показала, що володіє імуномодельючими та протираковими властивостями [9]. Після годування нею щурів, мишей і кроликів у вигляді порошку виявлено захисні властивості проти гематопоезу [8], пов'язані з віком, такі як серцево-судинні захворювання, гіпертонія і катаракта; це знижує ризик розвитку атеросклерозу і стимулює синтез колагену для шкіри [11]. Крім того, *C. vulgaris* також здатна накопичувати важливі кількості ліпідів, особливо після голодування азоту, з профілем жирної кислоти, відповідним для виробництва біодизеля [11]. *C. vulgaris* являє собою сферичну мікроскопічну сферу діаметром 2-10 мкм [13] і має безліч структурних елементів, схожих з рослинами (рис.1). *C. vulgaris* – це нерухома репродуктивна клітина (автоспор), яка розмножується безцеремонно і швидко. Таким чином, протягом 24 годин одна клітина *C. vulgaris*, вирощена в оптимальних умовах, розмножується найбільш поширеним безстатевим розмноженням у водоростях. Таким чином, чотири дочірні клітини, які мають власну клітинну стінку, утворюються всередині клітинної стінки материнської клітини (рис. 2 і 3) [10].

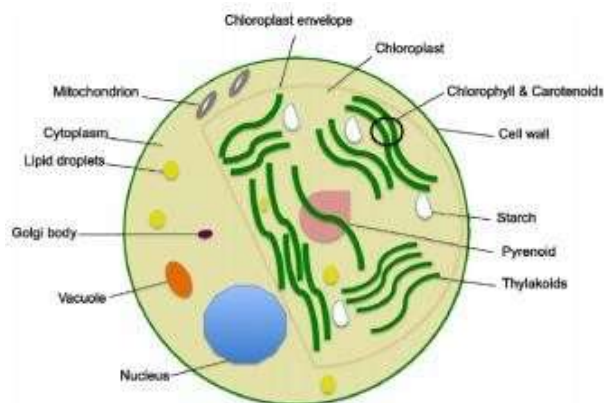


Рис. 1. Схематична ультраструктура *C. vulgaris*, що представляє різні органели [1]

Після дозрівання цих новостворених клітин руйнується материнська клітинна стінка, що дозволяє вивільняти дочірні клітини і залишки материнської клітини як корм новоутвореним дочірнім клітинам.

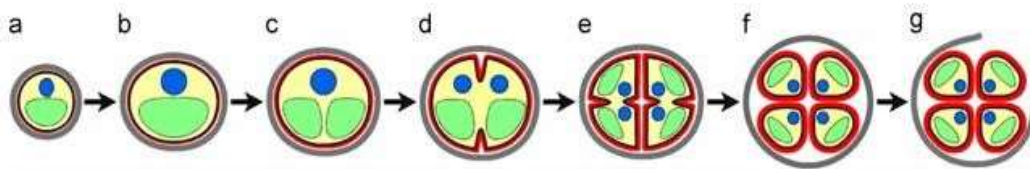


Рис. 2. Схема фаз формування дочірніх клітинних стінок в *Chlorella vulgaris*: а) рання фаза росту, б) пізня фаза росту клітин; с) фаза поділу хлоропластів; д) рання фаза поділу протопластів; е) фаза поділу пізнього протопласта; ф) фаза дозрівання дочірніх клітин і г) фаза вилуплення [10]

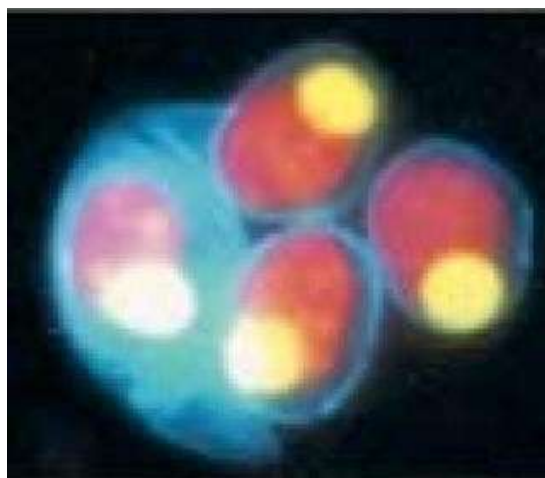


Рис. 3. Нещодавно сформовані клітини виходять за межі клітинної стінки материнської клітини після вилуплення [10]

Річне виробництво хлорели досягло 2000 т (суха вага) в 2009 році, а основними виробниками є Японія, Німеччина і Тайвань [10]. Ця мікроводорість має швидкий темп росту і реагує на кожен набір умов зростання шляхом зміни виходу конкретного компонента. *C. vulgaris* ідеально підходить для виробництва, тому що вона надзвичайно стійка до суворих умов. З одного боку, вміст ліпідів і крохмалю збільшується, а продуктивність біомаси припиняється або зменшується [11] в несприятливих умовах зростання, таких як обмеження азоту і фосфору, висока концентрація CO₂, надмірна дія світла, надлишок заліза в середовищі [11] або підвищення температури [11]. З іншого боку, вміст білка збільшується в нормальних і керованих умовах зростання (додавання азоту). Тому багато методів зростання були протестовані для того, щоб добровільно націлити продуктивність біомаси, вміст ліпідів, білків, вуглеводів і пігментів. Відомо, що показники зростання і склад мікроводоростей в значній мірі залежать від умов культивування. Існує чотири основних типи умов культивування мікроводоростей: фотоавтотрофні, гетеротрофні, міксотрофні і фотогетеротрофні культури.

Література

1. Safi tion, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: C., Zebib B., Merah O., Pontalier P. Y., Garcia C. V. Morphology, composi A review // *Ren. and Sust. Energy Rev.* 2014. №35. С. 265-278.
2. Fradique M., Batista A. P., Nunes M. C., Gouveia L., Bandarra N. M., Raymundo A. Incorporation of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina maxima* biomass in pasta products. Part 1: preparation and evaluation // *J. Sci. Food Agric.* 2010. №90. С. 1656–1664.
3. González Fernández C., Sialve B., Bernet N., Steyer J. P. Impact of microalgae characteristics on their conversion to biofuel. Part I: focus on cultivation and biofuel production // *Biofuel. Bioprod. Biorefin.* 2012.

№6. C. 105-113.

4. Mata T. M., Martins A. A., Caetano N. S. Microalgae for biodiesel production and other applications: a review // *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2010. №14. C. 217-232.
5. Spolaore P., Joannis Cassan C., Duran E., Isambert A. Commercial applications of microalgae // *J. Biosci. Bioeng.* 2006. №101. C. 87-96.
6. Hu Q., Sommerfeld M., Jarvis E., Ghirardi M., Posewitz M., Seibert M., et al. Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances // *Plant. J.* 2008. №54. C. 621-639.
7. Beijerinck M. Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen / *Algen. Botanische. Ztg.* 1890. №48. C. 729.
8. Morris H. J., Carrillo O. V., Almarales Á., Bermúdez R. C, Alonso M. E., Borges L, et al. Protein hydrolysates from the alga *Chlorella vulgaris* 87/1 with potentialities in immunonutrition // *Biotechnol. Appl.* 2009. №26. C. 162-165.
9. de Souza Queiroz J., Barbosa C. M., da Rocha M. C., Bincoletto C, Paredes Gá mero E. J., de Souza Queiroz M. L., et al. *Chlorella vulgaris* treatment ameliorates the suppressive effects of single and repeated stressors on hematopoiesis // *Brain Behav. Immun.* 2012. №29. C. 39-50.
10. Yamamoto M., Fujishita M., Hirata A., Kawano S. Regeneration and maturation of daughter cell walls in the autospore-forming green alga *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta, Trebouxiophyceae) // *J. Plant. Res.* 2004. №117. C. 257-264
11. Sano T., Tanaka Y. Effect of dried, powdered *Chlorella vulgaris* on experimental atherosclerosis and alimentary hypercholesterolemia in cholesterol-fed rabbits // *Artery.* 1987. №14. C. 76-84.