

УДК 574.622

**О.П. ОЛЬХОВИЧ**, к. б. н., доц., доц.,  
Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини»,  
Київський національний університет ім. Т. Шевченка,  
вул. Володимирська 64/13, Київ, 01601, Україна  
e-mail: oolga2005@ukr.net  
ORCID 0000-0002-7314-7631

**Н.Ю. ТАРАН**, д. б. н., проф., завідувач кафедри,  
Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини»,  
Київський національний університет ім. Т. Шевченка,  
вул. Володимирська 64/13, Київ, 01601, Україна  
e-mail: ny\_taran@ukr.net  
ORCID 0000-0002-8669-5899

**В.Н. БЕЛАВА**, к. б. н., доц., доц.,  
Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини»,  
Київський національний університет ім. Т. Шевченка,  
вул. Володимирська 64/13, Київ, 01601, Україна  
e-mail: v 987@ukr.net  
ORCID 0000-0001-7802-4166

**О.О. ПАНЮТА**, к. б. н., доц., доц.,  
Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини»,  
Київський національний університет ім. Т. Шевченка,  
Володимирська 64/13, Київ, 01601, Україна  
e-mail: panyuta@ukr.net  
ORCID 0000-0001-9847-8990

## ОЦІНКА ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ БІОМАСИ ЗЕЛЕНИХ ВОДОРОСТЕЙ, ВИРОЩЕНИХ У ФОТОБІОРЕАКТОРАХ

---

Проведено порівняльну оцінку біохімічного складу біомаси *Ankistrodesmus braunii* (Nägeli) Lemmerm. та *Scenedesmus rubescens* P.J.L. Dang, вирощених у фотобіореакторах закритого типу, для визначення їхньої харчової цінності. Отримано повноцінну харчову біомасу обох видів водоростей з високим вмістом білка, фотосинтетичних пігментів, сульфоліпиду та ацилкарнітинів. У *A. braunii*, порівняно з *S. rubescens*, відмічено вищий вміст білка (в 8,0 разів), незамінних амінокислот (в 1,3 раза), фотосинтетичних пігментів (за сумарним вмістом хлорофілів в 2,9 раза, каротиноїдів — в 2,0 рази), сульфоліпиду (в 4,7 раза) та ацилкарнітинів (в 2,0 рази).

**Ключові слова:** *Ankistrodesmus braunii*, *Scenedesmus rubescens*, біотехнологія водоростей, амінокислоти, білок, хлорофіл, каротиноїди, сульфоліпід, ацилкарнітини.

---

Ц и т у в а н н я: Ольхович О.П., Таран Н.Ю., Белава В.Н., Панюта О.О. Оцінка харчової цінності біомаси зелених водоростей, вирощених у фотобіореакторах. *Гідробиол. журн.* 2023. Т. 59. № 3. С. 96—105.

На сьогодні у світі існує гострий дефіцит харчового та кормового білка і, за прогнозами, його нестача в найближчі десятиліття лише збільшуватиметься. Зменшити гостру потребу людства у білку може промислове виробництво харчової біомаси. Білок організмів — SCP (single cell protein) — цілі висушені клітини водоростей, бактерій, дріжджів або грибів, призначених як біодобавка в їжу людині та на корм тваринам, набуває все більшого попиту. Для отримання SCP віддають перевагу тим видам організмів, вихід білка з біомаси яких становить більше 50 %.

У багатьох країнах світу для отримання харчової біомаси активно впроваджують у промислове виробництво вирощування мікрowodоростей, які здатні синтезувати велику кількість повноцінного білка (50—80 % від загальної маси), добре збалансованого за вмістом незамінних амінокислот, а також ліпідів, вуглеводів, вітамінів, пігментів та інших біологічно цінних сполук [3, 5, 14, 27].

У світовій практиці в якості харчових та кормових добавок використовують водорості родів *Chlorococcum*, *Spirogyra*, *Scenedesmus*, *Nostoc*, *Navicula*, *Nitzschia* та ін. У науковій літературі є відомості про те, що білок, отриманий із *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Spirulina* та інших мікрowodоростей, містить усі незамінні амінокислоти [8, 12, 15].

Перспективними в плані отримання харчової біомаси є зелені водорості, які в своєму складі також містять пігменти — хлорофіли та каротиноїди.

В даний час насамперед використовують водорості, біомасу яких отримують з природних джерел [17, 23], рідше — біомасу, отриману шляхом сучасних біотехнологій [7, 11].

Метою наших досліджень було проведення порівняльного аналізу вмісту біологічно цінних за харчовими показниками сполук, а саме — білка, амінокислот, пігментів (хлорофілу *a* і *b*, каротиноїдів), сульфоліпиду та ацилкарнітинів у двох видів зелених водоростей, вирощених в закритих лабораторних фотобіореакторах.

### Матеріал і методика досліджень

Об'єктом досліджень слугували зелені водорості — *Ankistrodesmus braunii* (Nägeli) Lemmerm. та *Scenedesmus rubescens* P.J.L. Dang з колекції відділу біотехнології Інституту переробки зерна (м. Нутеталь, Німеччина).

Культивування водоростей здійснювали в закритих лабораторних фотобіореакторах об'ємом 100 дм<sup>3</sup>. Живильним середовищем для культивування *A. braunii* було середовище Паламарь-Мордвинцевої [4], а для *S. rubescens* — середовище Тамія [1]. Температуру вирощування підтримували на рівні 20—23 °С, рН = 7, освітлення ~ 100 μmol квантів м<sup>2</sup>/с в режимі 14 год світла та 10 год темноти. Біомасу для дослідження відбирали на 21-й день після початку культивування (на експоненційній фазі росту), далі її наносили тонким шаром на поліетилен та висушували теплим повітрям впродовж 3—4 год при температурі не вище 60 °С (не допускаючи потрапляння прямих сонячних променів) до повітряно-сухого стану.

Для визначення вмісту хлорофілів та каротиноїдів наважку повітряно-сухої біомаси водоростей (0,1 г) гомогенізували з 0,5 г скляного порошку та 0,5 г безводного  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Гомогенат переносили в скляну колонку з фільтром, додавали  $3 \text{ см}^3$  80 %-го ацетону і фільтрували.

Для визначення вмісту пігментів  $0,1 \text{ см}^3$  ацетонового екстракту переносили в пробірку і додавали  $3 \text{ см}^3$  80 %-го ацетону. Екстракт пігментів аналізували на спектрофотометрі Shimadzu UV-1800 за довжин хвиль 440, 649 та 665 нм [2]. Кількісний вміст пігментів розраховували за відповідними формулами:

$$C_a = 11,63D_a - 2,39D_b,$$

$$C_b = 20,11D_b - 5,18D_a,$$

$$C_{a+b} = 6,45D_a + 17,72D_b,$$

$$C_{кар.} = 4,695D_{кар} - 0,268C_{a+b}.$$

Вміст білка визначали колориметричним біуретовим методом [13]. Весь матеріал, що залишився на фільтрі із наважки повітряно-сухої біомаси водоростей (0,1 г) після процедури відмивання ацетоном, переносили в пробірку і додавали  $4 \text{ см}^3$  2,5 %-вої трихлороцтової кислоти. Після центрифугування впродовж 5 хв при 5000 об супернатант видаляли і всю процедуру повторювали. Потім аналогічну процедуру проводили з використанням  $5 \text{ см}^3$  дистильованої води, додавали  $5 \text{ см}^3$  0,05 н NaOH в пробірку, де містився сухий матеріал, і центрифугували. По закінченні центрифугування відбирали  $3 \text{ см}^3$  розчину з верхньої фракції і змішували з  $0,5 \text{ см}^3$  біуретового реактиву (20 г NaOH розчиняли в  $0,5 \text{ дм}^3$  води, додавали 22 г  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 7,5 г  $\text{CuSO}_4$  та 12,5 г KI). Оптичну щільність вимірювали при довжині хвилі 550 нм на спектрофотометрі Shimadzu UV-1800.

Вміст амінокислот та ацилкарнітинів визначали методом тандемної мас-спектрометрії [21] за допомогою мас-спектрометра AB Sciex 2000 з автосамплером Ultimate 3000 (Dionex). Для аналізу використовували диск діаметром 3 мм. До кожної проби ( $20 \text{ мм}^3$  екстракту) додавали внутрішній стандарт (суміш мічених дейтерієм амінокислот або ацилкарнітинів з відомими концентраціями) в кількості  $200 \text{ мм}^3$  на зразок. Після інкубації з внутрішнім стандартом зразки висушували та проводили дериватизацію за допомогою 3 н розчину бутанол/HCl. Після висушування зразки розчиняли в реконституційному буфері та завантажували в автосамплер Ultimate 3000.

Для розрахунку кількості амінокислот і ацилкарнітинів у дослідному зразку попередньо на колонку автоматичного аналізатора наносили стандартну суміш з відомою концентрацією кожної амінокислоти або ацилкарнітину. На хроматограмі розраховували площу піку амінокислоти або ацилкарнітину. Кількість мікромоль для кожної амінокислоти і ацилкарнітину ( $X_1$ ) у досліджуваному розчині вираховували за формулою:  $X_1 = S_1/S_0$ , де  $S_1$  — площа піку амінокислоти або ацилкарнітину в досліджуваному зразку;  $S_0$  — площа піку цієї амінокислоти чи ацилкарнітину в

розчині стандартної суміші амінокислот або ацилкарнітинів, що відповідає 1 мкмоль кожної амінокислоти або ацилкарнітину.

Кількість амінокислот і ацилкарнітинів в міліграмах отримували множенням кількості мікромолей певної амінокислоти або ацилкарнітину на відповідну їй (йому) молекулярну масу. Якісний склад суміші амінокислот і ацилкарнітинів визначали порівнянням хроматограми дослідного зразка зі стандартною сумішшю відповідно амінокислот або ацилкарнітинів [22].

Перерахунок вмісту кожної досліджуваної речовини (пігментів, білка, амінокислоти, сульфоліпиду, ацилкарнітину) на 1 г сухої речовини здійснювали за формулою

$$A = CV/P \cdot 1000,$$

де  $A$  — вміст речовини, мг/г або мкМ/г сухої речовини;  $C$  — концентрація речовини, мг/дм<sup>3</sup> або мкМ/дм<sup>3</sup>;  $V$  — об'єм витяжки речовини, см<sup>3</sup>;  $P$  — наважка рослинного матеріалу, мг.

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали за допомогою програми Microsoft Office Excel із застосуванням  $t$ -критерію Стьюдента, вони вважались достовірними за рівня значущості  $p \leq 0,05$ . Кількість повторностей була не менша трьох.

### Результати досліджень та їх обговорення

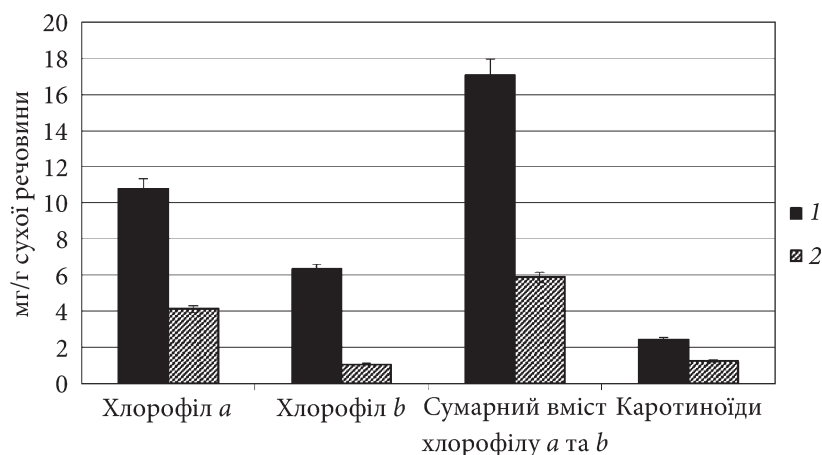
Згідно біохімічного аналізу зразків біомаси двох зелених водоростей встановлено, що вміст в ній таких біологічно цінних сполук, як пігменти, сульфоліпід, білки, амінокислоти та ацилкарнітини, суттєво відрізнявся. Так, зокрема, загальний вміст хлорофілів  $a$  та  $b$  у *A. braunii* був вищим, ніж у *S. rubescens* у 2,9 раза, при цьому вміст хлорофілу  $a$  був більшим у 2,6 раза, а хлорофілу  $b$  — у 6,0 разів. Вміст каротиноїдів у *A. braunii* також був вищим — у 2,0 рази (рис. 1).

Високий загальний вміст хлорофілів  $a$  і  $b$  та каротиноїдів у *A. braunii*, вирощеної в лабораторному фотобіореакторі, свідчить про перспективність культивування цієї водорості для отримання пігментів.

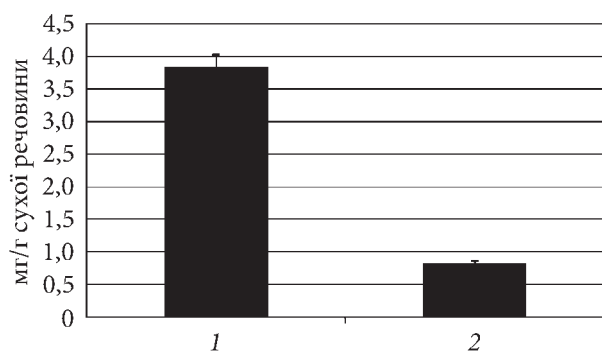
Щодо вмісту сульфоліпиду, то він був вищим у *A. braunii* порівняно з *S. rubescens* в 4,7 раза (рис. 2).

Мікрowodорості, які пропонуються для вирощування у фотобіореакторах, повинні характеризуватись високим вмістом білка та есенціальних амінокислот. Відомо, що біомаса одноклітинних водоростей може містити близько 30—50 % білка, при цьому його кількість та амінокислотний склад можуть суттєво відрізнятись залежно від виду водорості, умов культивування та складу живильного середовища [6, 9, 10, 18—20].

Пріоритетність використання певного виду водорості визначається, перш за все, особливостями його азотного метаболізму, складом амінокислот та кількістю білка [16, 25]. Різні види зелених водоростей можуть сильно варіювати за вмістом амінокислот, у т. ч. незамінних. У зв'язку з цим, нами було зроблено припущення, що вміст і повноцінність білка,



**Рис. 1.** Вміст фотосинтетичних пігментів (мг/г сухої речовини) в клітинах водоростей. Тут і на рис. 2—5: 1 — *A. braunii*; 2 — *S. rubescens*



**Рис. 2.** Вміст сульфоліпиду (мг/г сухої речовини) в клітинах водоростей

яка залежить від складу замісних та незамінних амінокислот, в біомасі двох досліджуваних нами видів водоростей можуть істотно відрізнятися.

Результати досліджень показали, що вміст білка в *A. braunii* був у 8,0 разів вищим, ніж у *S. rubescens* (рис. 3).

У клітинах досліджуваних нами зелених

водоростей ідентифіковано 17 амінокислот, визначено їхній вміст, а також виявлено різницю у кількості та співвідношенні окремих амінокислот, що входять до складу білка *A. braunii* та *S. rubescens* (рис. 4).

Проведена порівняльна оцінка показала, що загальний вміст досліджуваних амінокислот у *A. braunii* становив 466,3, а у *S. rubescens* — 253,7 мкМ/г сухої речовини. Вміст 12 із 17 амінокислот у *A. braunii* був вищим, ніж у *S. rubescens*. Зокрема, істотні відмінності спостерігались у вмісті аргініну, триптофану та гліцину — в 2,0 рази, метіоніну — в 3,5 рази, глутамінової кислоти — в 4,0 рази та аланіну — в 4,3 рази. Лише дві амінокислоти, а саме — аспарагінова кислота та пролін мали вищий вміст у *S. rubescens*, а вміст цитруліну, тирозину та валіну достовірно не відрізнявся. В обох видів водоростей високим був вміст восьми амінокислот, а саме: аланіну, аргініну, аспарагінової кислоти, глутаміну, гліцину, проліну, тирозину та валіну.

Серед ідентифікованих амінокислот п'ять були незамінними (валін, триптофан, фенілаланін, метіонін і лейцин). Загальний вміст цих сполук у біомасі *A. braunii* дорівнював 42,2, а у *S. rubescens* — 33,6 мкМ/г сухої речовини, тобто був у 1,25 раза вищим у першого виду.

Серед незамінних амінокислот найвищим виявився вміст валіну (у *A. braunii* — 18,1, у *S. rubescens* — 18,3 мкМ/г сухої речовини), високим був і вміст лейцину (відповідно 9,9 та 6,4 мкМ/г сухої речовини) та фенілаланіну (8,2 та 6,9 мкМ/г сухої речовини), трохи нижчим — метіоніну (4,6 та 1,2 мкМ/г сухої речовини) і найменшим — триптофану (1,4 та 0,7 мкМ/г сухої речовини).

Показник співвідношення суми замінних до суми незамінних амінокислот у *A. braunius* становив 10,0, а у *S. rubescens* — 6,6.

Аналіз складу амінокислот у двох досліджуваних видів водоростей показав, що у *A. braunii* вищим був їхній загальний вміст, а також вміст незамінних амінокислот, та більшим було і співвідношення вмісту за-

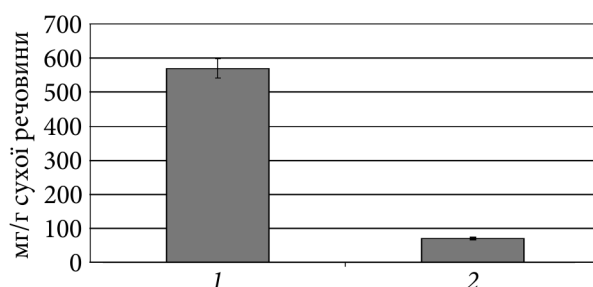


Рис. 3. Вміст білка (мг/г сухої речовини) в клітинах водоростей

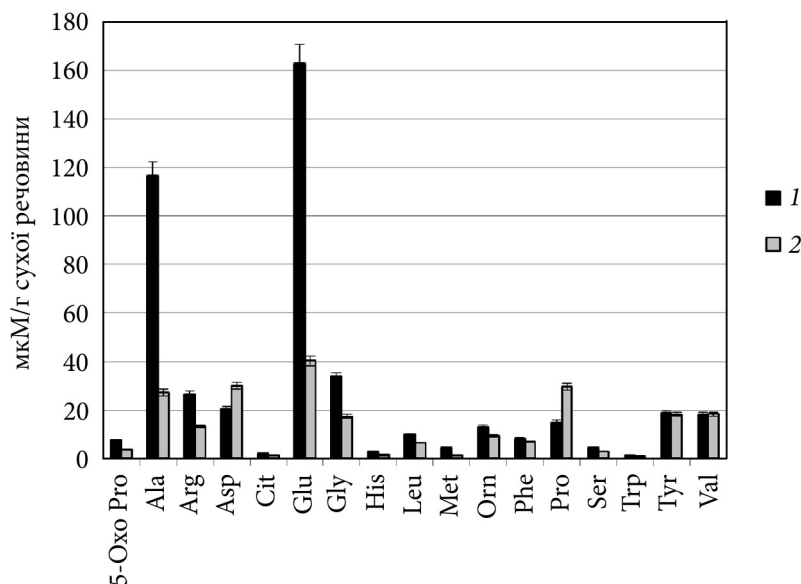
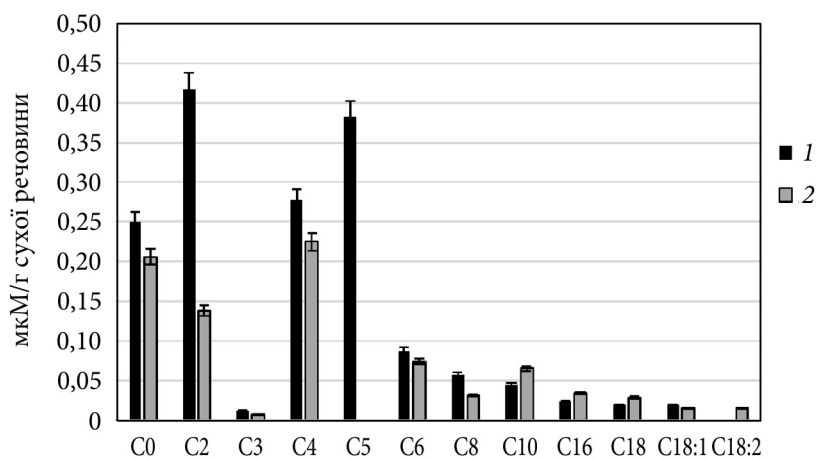


Рис. 4. Вміст амінокислот (мкМ/г сухої речовини) в клітинах водоростей: 5Охо-Pro — 5-оксипролін; Ala — аланін; Arg — аргінін; Asp — аспарагінова кислота; Cit — цитрулін; Glu — глутамінова кислота; Gly — гліцин; His — гістидин; Leu — лейцин; Met — метіонін; Orn — орнітин; Phe — фенілаланін; Pro — пролін; Ser — серин; Trp — триптофан; Tyr — тирозин; Val — валін



**Рис. 5.** Вміст ацилкарнітинів (C0-вільний карнітин, C2-ацетилкарнітин, C3-пропіоніл-карнітин, C4-бутирилкарнітин, C5-ізовалерилкарнітин, C6-гексаноїлкарнітин, C8-октаноїл-карнітин, C10-деканойлкарнітин, C16-пальмітоїлкарнітин, C18-стеарил-карнітин, C18:1-олеїлкарнітин, C18:2-лінолеїлкарнітин) в клітинах водоростей

мінних до незамінних. Оскільки амінокислотний склад є важливим критерієм якості білкової сировини та повноцінності білка, тому саме *A. braunii* є перспективним видом для вирощування у фотобіореакторах закритого типу.

Значення рослинних ацилкарнітинів, які входять до складу зелених водоростей і вищих рослин та є потенційно цінними нутрієнтами, на сьогодні маловивчене. Відомо, що вони беруть участь в ліпідному обміні, пов'язані з конкретними пулами активованих жирних кислот, які вони транспортують крізь мембрану і опосередковано вказують на їхню присутність в клітинах водоростей.

Літературні джерела свідчать про те, що у *Ankistrodesmus* sp. вміст ліпідів може досягати 45 % складу біомаси, а вміст жирних кислот становити: пальмітинової — 16,39 %, стеаринової — 15,67, олеїнової — 25,66, ліноленової — 21,62 та альфа-лінолевої — 14,34 % [15, 24, 26].

У дослідних зразках біомаси *A. braunii* та *S. rubescens* нами було ідентифіковано 12 ацилкарнітинів (рис. 5). Серед них, зокрема, виявлені C16-пальмітоїлкарнітин, C18-стеарилкарнітин, C18:1-олеїлкарнітин, C18:2-лінолеїлкарнітин, які транспортують відповідно пальмітинову, стеаринову, олеїнову та ліноленову кислоти.

Загальний вміст ацилкарнітинів у *A. braunii* був вищим порівняно з *S. rubescens* у 2,0 рази (відповідно 1,59 і 0,83 мкМ/г сухої речовини). У *A. braunii* найбільшою кількістю характеризувалися чотири ацилкарнітини, а саме: C2-ацетилкарнітин (0,42), C5-ізовалерилкарнітин (0,38), C4-бутирилкарнітин (0,28) та C0-вільний карнітин (0,25 мкМ/г сухої речовини), тоді як у *S. rubescens* — C4-бутирилкарнітин (0,23), C0-вільний

карнітин (0,21) та С2-ацетилкарнітин (0,14 мкМ/г сухої речовини). У *A. braunii* не виявлено С18:2-лінолеїлкарнітин, а у *S. rubescens* — С5-ізовалерилкарнітин. Відповідно до отриманих результатів щодо вмісту ацилкарнітинів, які є переносниками активних форм жирних кислот, можна припустити, що вміст жирних кислот у *A. braunii* також буде вищим.

За результатами досліджень, кращою сировиною для отримання цінних харчових сполук у разі вирощування в закритих фотобіореакторах може бути зелена водорість *A. braunii*, у якої відмічено вищий, ніж у *S. rubescens*, вміст білка (в 8,0 разів), незамінних амінокислот (в 1,3 раза), фотосинтетичних пігментів (сумарного вмісту хлорофілів — в 2,9 раза, каротиноїдів — в 2,0 рази), сульфоліпиду (в 4,7 раза) та ацилкарнітинів (в 2,0 рази).

### Висновки

Аналіз зразків біомаси двох видів одноклітинних зелених водоростей (*A. braunii* та *S. rubescens*) показав, що вміст хлорофілу *a* і *b* та каротиноїдів, а також білка, сульфоліпиду, амінокислот та ацилкарнітинів в їхніх клітинах може відрізнятись в декілька разів, що слід враховувати у разі промислового вирощування біомаси цих видів для отримання біологічно цінних сполук.

При вирощуванні водоростей у фотобіореакторі закритого типу сумарний вміст досліджуваних фотосинтетичних пігментів (хлорофілів *a* і *b* та каротиноїдів) був вищим у *A. braunii*, ніж у *S. rubescens* (відповідно у 2,9 та 2,0 рази).

У *A. braunii*, порівняно з *S. rubescens*, вміст білка був вищим у 8,0 разів, а сульфоліпиду — в 4,7 раза.

Загальний вміст досліджуваних амінокислот у *A. braunii* становив 466,3, а у *S. rubescens* — 253,7, незамінних — відповідно 42,2 та 33,6 мкМ/г сухої речовини.

Загальний вміст ацилкарнітинів у *A. braunii* був вищим, ніж у *S. rubescens*, і становив, відповідно, 1,59 і 0,83 мкМ/г сухої речовини.

### Список використаної літератури

1. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. Водоросли. Справочник. Киев : Наук. думка, 1989. 608 с.
2. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Москва : Высш. шк., 1975. 392 с.
3. Золотарьова О.К. Перспективи використання мікрowodоростей у біотехнології. Київ : Альтерпрес, 2008. 234 с.
4. Паламарь-Мордвинцева Г.М., Костлая Н.В. Влияние различных источников азота на развитие и образование белка у *Ankistrodesmus braunii* Bronn. *Укр. ботан. журн.* 1965. Т. 22, № 4. С. 92—96.
5. Романенко В.Д., Крот Ю.Г., Сиренко Л.А., Соломатина В.Д. Биотехнология культивирования гидробионтов. Киев : Ин-т гидробиологии НАН Украины, 1999. 264 с.
6. Becker E.W. Micro-algae as a source of protein. *Biotechnol. Advances.* 2007. N 25. P. 207—210.



7. Boussiba S., Affalo C. An insight into the future of microalgal biotechnology. *Innovat. Food Technol.* 2005. Vol. 28. P. 37—39.
8. Brown M.R., Cruz-Suarez L.E., Ricque-Marie D. et al. Nutritional value and use of microalgae in aquaculture. *Avances en Nutricion Acuicola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutricion Acuicola.* Cancun, Quintana Roo, Mexico. 2002. P. 281—292.
9. Cetin A.K., Growth N.M. Rate of *Scenedesmus acutus* (Meyen) in cultures exposed to trifluralin. *Polish J. Environ. Stud.* 2015. N 4. P. 631—663.
10. Clarens A.F., Resurreccion E.P., White M.A., Colosi L.M. Environmental life cycle comparison of algae to other bioenergy feedstocks. *Env. Sci. Technol.* 2010. N 44. P. 1813—1819.
11. Ferreira L.S., Rodrigues M.S., Converti A. et al. *Arthrospira (Spirulina) platensis* cultivation in tubular photobioreactor: use of no-cost CO<sub>2</sub> from ethanol fermentation. *Appl. Energy.* 2012. N 92. P. 379—385.
12. Gershwin M.E., Belay A. *Spirulina* in human nutrition and health. Boca Raton : CRC Press, Taylor & Francis Group. 2008. 227 p.
13. Gornall A.G., Bardawill C.J., David M.M. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.* 1949. Vol. 177, N 2. P. 751—766.
14. Griffiths M.J., van Hille R.P., Harrison S.T.L. Lipid productivity, settling potential and fatty acid profile of 11 microalgal species grown under nitrogen replet and limited conditions. *J. Appl. Phycol.* 2011. N 24. P. 989.
15. Hempel N., Petrick I., Behrendt F. Biomass productivity and productivity of fatty acids and amino acids of microalgae strains as key characteristics of suitability for biodiesel production. *J. Appl. Phycol.* 2012. Vol. 24, N 6. P. 1407—1418.
16. Klochenko P.D., Grubinko V.V., Gumenyuk G.B., Arsan O.M. Peculiarities of ammonium nitrogen assimilation in green and blue-green algae. *Hydrobiol. J.* 2003. Vol. 39, N 6. P. 102—108.
17. Li B.S., Qiao V., Tian X.Y. Potential to development *Spirulina platensis* with alkaline lakes in Orodos Plateau. *Plant Mag.* 2003. N 6. P. 18—20.
18. Medved' V.A., Gorbunova Z.N. Peculiarities of green algae growth and accumulation of pigments in their dells under different conditions of illumination and photoperiod length. *Hydrobiol. J.* 2020. Vol. 56, N 2. P. 63—73.
19. Medved' V.A., Gorbunova Z.N., Borisova Ye.V. Growth of freshwater algae under the influence of dissolved organic matter. *Ibid.* 2018. Vol. 54, N 1. P. 69—81.
20. Medved' V.A., Gorbunova Z.N., Vitovetska T.V. Peculiarities of accumulation of proteins, carbohydrates and lipids in the cells of green algae under different light conditions and photoperiod. *Ibid.* 2020. Vol. 56, N 3. P. 97—104.
21. Mikhaylova S.V., Baydakova G.V., Boukina A.M. et al. Combination of tandem mass spectrometry and lysosomal enzymes analysis-effective tool for selective screening for IEM in neurological clinic. *J. Inherit. Metab. Dis.* 2004. Vol. 27, N 1. P. 39.
22. Ovchynnikov Yu.A. New methods of analysis of amino acids, peptides and proteins. Moscow : Mir, 1974. 154 p.
23. Qiao C., Li B.S., Zeng Z.Q. Alkaline lakes and *Spirulina (Arthrospira)* resources in sandy land of Erdos. *J. Arid Land Res. Environ.* 2001. Vol. 15, N 4. P. 86—91.
24. Radha S., Renuka Dharani S., Gayathri Devi S., Ramya M. Screening and characterization of high lipid accumulating microalga *Ankistrodesmus* sp. from freshwater environment. *IJEB. India: NISCAIR-CSIR.* 2019. Vol. 57, N 12. P. 931—936.
25. Sakevich A.I., Klochenko P.D. Free amino acids in ecological metabolism of algae. *Hydrobiol. J.* 1998. Vol. 34, N 6. P. 70—79.
26. Sukkrom K., Bunnage B., Pavasant P. Enhancement of lipid production from *Ankistrodesmus* sp. *Int J Chem Eng Appl.* 2015. N 6. P. 111.
27. Tan Y., Lin J. Biomass production and fatty acid profile of a *Scenedesmus rubescens*-like microalga. *Bioresour Technol.* 2011. Vol. 102, N 21. P. 10131—10135.

Надійшла 17.02.2023

O.P. Olkhovych, PhD (Biol.), Ass. Prof., Ass. Prof.,  
Educational and Scientific Centre «Institute of Biology and Medicine»,  
Taras Shevchenko Kyiv National University,  
64/13 Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine,  
e-mail: oolga2005@ukr.net  
ORCID 0000-0002-7314-7631

N.Yu. Taran, Dr. Sci. (Biol.), Prof., Head of Department,  
Educational and Scientific Centre «Institute of Biology and Medicine»,  
Taras Shevchenko Kyiv National University,  
64/13 Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine,  
e-mail: ny\_taran@ukr.net  
ORCID 0000-0002-8669-5899

V.N. Belava, PhD (Biol.), Ass. Prof., Ass. Prof.,  
Educational and Scientific Centre «Institute of Biology and Medicine»,  
Taras Shevchenko Kyiv National University,  
64/13 Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine,  
e-mail: v 987@ukr.net  
ORCID 0000-0001-7802-4166

O.O. Panyuta, PhD (Biol.), Ass. Prof., Ass. Prof.,  
Educational and Scientific Centre «Institute of Biology and Medicine»,  
Taras Shevchenko Kyiv National University,  
64/13 Volodymyrska str., Kyiv, 01601, Ukraine,  
e-mail: panyuta@ukr.net  
ORCID 0000-0001-9847-8990

#### ASSESSMENT OF THE NUTRITIONAL VALUE OF THE BIOMASS OF GREEN ALGAE GROWN IN PHYTOBIOREACTOR

A comparative assessment of the biochemical composition of the biomass of *Ankistrodesmus braunii* (Nägeli) Lemmerm. and *Scenedesmus rubescens* P.J.L. Dang growth in closed photobioreactors was carried out to determine their nutritional value. Complete edible biomass from both types of algae with a high content of protein, photosynthetic pigments, sulfolipid and acylcarnitines was obtained. In *A. braunii*, compared to *S. rubescens*, a higher content of protein (in 8.0 times), essential amino acids (1.3 times), photosynthetic pigments (chlorophylls in 2.9 times, carotenoids in 2.0 times), sulfolipid (in 4.7 times), and acylcarnitines (in 2.0 times).

**Keywords:** *Ankistrodesmus braunii*, *Scenedesmus rubescens*, algae biotechnology, amino acids, protein, chlorophyll, carotenoids, sulfolipid, acylcarnitines.