

## MODIFICAREA COMPOZIȚIEI BIOCHIMICE A SPIRULINEI CA RĂSPUNS LA ACUMULAREA SELENIULUI ÎN BIOMASĂ

Djur Svetlana

*Institutul de Microbiologie și Biotehnologie*

### Rezumat

Au fost studiate modificările compoziției biochimice a cianobacteriei *Spirulina platensis* ca răspuns la acumularea seleniului în biomasă la cultivare în prezența unor compuși chimici ai acestui element. Parametrii cercetați au fost: conținutul de proteine, ficobiline, carbohidrați, lipide, precum și conținutul seleniului acumulat în biomasă. S-a stabilit că compușii seleniului testați, într-o anumită concentrație, contribuie la biosinteza unor substanțe biologic active de către spirulina. Deși acumularea seleniului în biomasă spirulinei depinde de natura compusului și concentrația acestuia, modificarea conținutului biochimic al spirulinei nu este condiționată de acumularea acestui bioelement de către spirulina. Rezultatele studiului și analiza lor permit a recomanda aplicarea compușilor seleniului în dozele cu efecte maxime pozitive asupra activității biosintetice a spirulinei pentru obținerea unor compuși biologic activi valoroși din punct de vedere funcțional ce conțin ca parte efectivă seleniul.

*Cuvinte cheie:* *Spirulina platensis*, compuși ai selenului, selenium, conținut biochimic  
*Depus la redacție* 12 decembrie 2019

-----  
*Adresa pentru corespondență:* Djur Svetlana, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie, str. Academiei, 1, MD-2028 Chișinău, Republica Moldova, e-mail: djurlana@hotmail.ru

### Introducere

Impactul activității antropice extinse asupra mediului modifică semnificativ modul de viață și calitatea vieții. Multe dintre substanțele toxice, fiind incluse în lanțurile alimentare, elimină din acestea substanțele nutritive necesare organismului uman care asigură cursul normal al proceselor metabolice [15, 16]. Există, de asemenea, o scădere a consumului de produse necesare unei alimentații sănătoase, ceea ce duce la formarea unei deficiențe și mai mari de nutrienți, și ca urmare, are loc acumularea în exces a radicalilor liberi în organism [19, 20].

Una dintre modalitățile de prevenire a acestui tip de carență nutrițională constă în utilizarea alimentelor funcționalizate în baza substanțelor biologic active [18]. În acest scop poate fi utilizată biomasa cianobacteriilor și microalgelor ce conține compuși

biologic activi cu proprietăți predeterminate, cu un conținut echilibrat de elemente necesare și lipsită de substanțe nocive. Cea mai cunoscută și utilizată în această direcție este biomasa cianobacteriei *Spirulina platensis*, datorită asimilării rapide, a compoziției biochimice și capacității de acumulare a oligoelementelor din mediul nutritiv și fixarea lor în compoziția macromoleculor.

Biocomponentele biomasei de spirulină au proprietăți farmacologice indubitabile, acestea fiind micro- și macroelemente, aminoacizii liberi, peptidele, carotenoizii, acizi grași polinesaturați, vitaminele etc. [4, 9]. În ultimii ani a crescut necesitatea substituirii aditivilor chimici cu produse naturale. În prezent, când proprietățile farmacologice ale multor biocomponente ale spirulinei sunt cunoscute, o deosebită atenție se acordă dezvoltării tehnologiilor de producere a biomasei în calitate de materie primă pentru produse alimentare funcționale și a diverselor tipuri de aditivi alimentari, ceea ce face posibilă sporirea valorii biologice a produsului, precum și prelungirea duratei de valabilitate [18].

*Spirulina platensis*, datorită proprietăților sale unice, a devenit o matrice foarte convenabilă pentru încorporarea oligoelementelor. Una din proprietățile sale incontestabile este cea de complex antioxidant, acțiunea căruia poate fi amplificată prin încorporarea unor elemente, de exemplu a seleniului, în compoziția sa [17]. Seleniul activează procesele de respirație a țesuturilor, reglează reacțiile redox, influențează activitatea imună și metabolismul proteinelor, în special a aminoacizilor sulfurați [10]. Seleniul este utilizat în tratamentul și prevenirea bolilor cardiovasculare, cirozei hepatice, cancerului de prostată, a unor forme de ulcer, a artritelor și a diabetului zaharat [6, 7, 10]. Posibilitățile sale terapeutice în calitate de remediu antiviral, antimicrobian și antitumoral, este, de asemenea cunoscut.

În studii anterioare a fost demonstrată capacitatea spirulinei de a crește pe medii cu concentrații mari ale unor compuși ai seleniului [11-12]. Valoarea calității biomasei de spirulină este deosebit de importantă în vederea obținerii de produse nutraceutice cu un conținut prestabilit de seleniu.

Scopul acestei lucrări a fost de a stabili modificările în compoziția biochimică a cianobacteriei *Spirulina platensis* în dependență de seleniul acumulat în biomasă.

### Materialul și metodele de cercetare

**Obiectul de studiu.** Tulpina cianobacteriei *Spirulina platensis* CNMN-CB-11 [13].

**Procesul și condițiile de cultivare.** Spirulina a fost cultivată pe mediul mineral Zarrouk în baloane Erlenmeyer cu volumul de lucru de 100 ml. La mediul de cultivare au fost suplimentați compușii anorganici ai seleniului:  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{Se}_3\text{O}_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CoSeO}_3$ ,  $\text{ZnSeO}_3$ , și  $\text{GeSe}_2$ . Pentru compușii  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{Se}_3\text{O}_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  au fost selectate concentrațiile de 10, 20, 30, 40 și 50 mg/L, iar pentru  $\text{CoSeO}_3$ ,  $\text{ZnSeO}_3$  și  $\text{GeSe}_2$  – concentrațiile de 5, 10, 15, 20, 25 și 30 mg/L.

Pe durata cultivării au fost respectați următorii parametri de proces: cantitatea de cultură start (inoculum) – 0,4-0,45g/l BAU; temperatura de 28-32°C, pH-ul optim al mediului 8-10, iluminarea (pe perioada de creștere a culturii la lumină) de - 37-55  $\mu\text{M}$  fotoni/m<sup>2</sup>/s. Cultura a fost agitată zilnic, timp de 2 ore pe un agitator universal de laborator tip WU-4 cu frecvența oscilațiilor de 2500 hz. Durata ciclului de cultivare de 144 ore.

**Metodele de determinare a conținutului biochimic al biomasei de spirulină.**

*Conținutul de proteine în biomasă*, a fost determinat spectrofotometric prin metoda Lowry cu utilizarea reagentului Folin-Ciocalteu [8].

*Conținutul de glucide* a fost determinat în baza deshidratării hexozelor în prezența acidului sulfuric concentrat, urmat de condensarea acestora cu reagentul antron [14].

*Lipidele* au fost determinate spectrofotometric în extractul cloroformic cu utilizarea reagentului fosfo-vanilinic [2].

*Cantitatea de ficobiliproteine* a fost determinată în extractul hidric obținut din biomasa de spirulină [1].

*Determinarea conținutului de seleniu în biomasa de spirulină* s-a efectuat conform GOST R 51309-99 „Drinking water. Determination of elements content by atomic spectrometry methods” [5], care are la bază vaporizarea soluției de analizat care conține seleniul în flacăra de aer cu acetilenă și măsurarea absorbției flăcării (vaporilor ce conțin Se) la lungimile de undă 196-207,5nm. Determinările s-au raportat la soluția de referință cu o concentrație cunoscută a seleniului conform „Metodei curbei de etalonare”.

Toate rezultatele experimentale obținute au fost supuse analizei statistice uzuale cu aplicarea instrumentelor statisticii descriptive, iar calculul indicatorilor statistici a fost efectuat utilizând posibilitățile MS Excel.

**Rezultate și discuții**

În studiile anterioare a fost stabilită capacitatea cianobacteriei *Spirulina platensis* de a crește în prezența unor compuși ai seleniului așa ca: selenitul de sodiu -  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ , selenitul de amoniu -  $(\text{NH}_4)_2\text{SeO}_3$ , selenitul de cobalt -  $\text{CoSeO}_3$ , selenitul de zinc -  $\text{ZnSeO}_3$ , selenidul de germaniu -  $\text{GeSe}_2$  și selenitul de fier hexahidrat -  $\text{Fe}_2\text{Se}_3\text{O}_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , precum și capacitatea acestuia de a acumula seleniu în componența proteinelor, carbohidraților, lipidelor ș.a. [11-12]. Producerea de biomasă și nivelul de acumulare a seleniului depinde de natura compusului și de concentrația acestuia în mediul de cultivare.

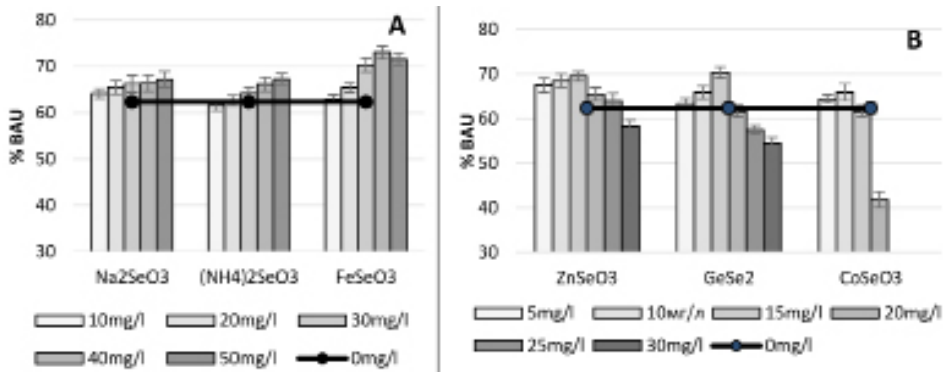
Această lucrare a avut drept scop studierea modificărilor compoziției biochimice a biomasei de spirulină ca rezultat al cultivării în prezența următorilor compuși care conțin seleniu:  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{Se}_3\text{O}_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CoSeO}_3$ ,  $\text{ZnSeO}_3$ , și  $\text{GeSe}_2$ . Toți compușii au fost suplimentați la mediul mineral în prima zi de cultivare. Pentru compușii  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{Se}_3\text{O}_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  au fost selectate concentrațiile de 10, 20, 30, 40 și 50 mg/l, iar pentru  $\text{CoSeO}_3$ ,  $\text{ZnSeO}_3$  și  $\text{GeSe}_2$  – concentrațiile de 5, 10, 15, 20, 25 și 30 mg/l.

În biomasa obținută în rezultatul cultivării spirulinei în prezența compușilor seleniului a fost determinat seleniul acumulat (Tabelul 1). Astfel, concentrații mari acumulate de seleniu au fost determinate în biomasa de spirulină cultivată în prezența dozelor mari de  $\text{Fe}_2\text{Se}_3\text{O}_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  și de  $\text{GeSe}_2$ . Acumularea seleniului în biomasa spirulinei nu a modificat în mod esențial componența biochimică a spirulinei.

Un studiu al influenței compușilor chimici  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{Se}_3\text{O}_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  în concentrațiile de la 10 la 50 mg/L, asupra acumulării de proteine de către *Spirulina platensis* a stabilit efectul pozitiv al acestora asupra sintezei proteinelor (Figura 1).

**Tabelul 1. Conținutul de Se (mg%), determinat în biomasa spirulinei la cultivare în prezența compușilor anorganici ai seleniului.**

Compusul	Concentrația compusului, mg/L					
	10	20	30	40	50	
	Conținutul de seleniu în biomasă, mg%					
$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	14,93	18,74	22,13	23,77	24,16	
$(\text{NH}_4)_2\text{SeO}_3$	2,15	3,47	8,17	9,38	14,44	
$\text{Fe}_2\text{Se}_3\text{O}_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	118,2	206,2	279,9	443,7	606,9	
Compusul	Concentrația compusului, mg/L					
	5	10	15	20	25	30
	Conținutul de seleniu în biomasă, mg%					
$\text{ZnSeO}_3$	6,07	9,51	19,03	34,43	41,83	52,64
$\text{CoSeO}_3$	6,33	9,51	19,03	22,71	-	-
$\text{GeSe}_2$	20,36	33,4	63,26	100,63	141,3	228,27

**Figura 1. Conținutul proteinelor în biomasa *S. platensis* la cultivare în prezența compușilor chimici: A -  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{Se}_3\text{O}_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; B -  $\text{CoSeO}_3$ ,  $\text{ZnSeO}_3$ ,  $\text{GeSe}_2$ .**

Trebuie menționat că, odată cu creșterea concentrației compusului, conținutul de proteine din biomasa de spirulină crește. Cele mai mari valori ale conținutului de proteine a fost determinat în cazul aplicării  $\text{Fe}_2\text{Se}_3\text{O}_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Seleniul de fier în concentrații de 10-50 mg/L sporește sinteza proteinelor cu 14-17%, comparativ cu martorul. Cel mai mare conținut al proteinelor, de 70-73% a fost stabilit la concentrațiile de 30, 40 și 50 mg/L a compusului  $\text{Fe}_2\text{Se}_3\text{O}_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , conținutul de seleniu acumulat fiind de la 279,9 mg% la 606,9 mg% (Tabelul 1). Frațiile proteice sunt componentele cu cea mai mare pondere în procesul de fixare a seleniului de către spirulina.

Un efect similar, dar cu valori mai mici ale proteinelor în biomasă a fost stabilit în experiențele cu aplicarea  $(\text{NH}_4)_2\text{SeO}_3$  și  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ . Cel mai mare conținut de proteine, de 67% biomasă, a fost determinat la concentrația de 50 mg/L pe fonul unui conținut de Se acumulat în biomasă de 24,16 mg%. Concentrațiile de 10-20 mg/l compus au menținut proteinele la nivelul probei martor sau au avut un spor nesemnificativ, indiferent de valorile seleniului acumulat.

Pentru compușii  $\text{CoSeO}_3$ ,  $\text{ZnSeO}_3$  și  $\text{GeSe}_2$  a fost stabilită o creștere a conținutului de proteine în biomasa spirulinei în limita concentrațiilor aplicate de la 5 mg/L la 15 mg/L. Concentrațiile de 20-30 mg/L compus au avut un efect de inhibiție asupra sintezei proteinelor. Conform rezultatelor, compușii  $\text{ZnSeO}_3$  și  $\text{GeSe}_2$ , aplicați în concentrația de 15 mg/L au indus acumularea a 70% proteine în biomasă și a Se de 19,03-63,26 mg%, respectiv. Odată cu creșterea acestei concentrații, s-a stabilit o scădere a conținutului de proteine din biomasă. La o concentrație de 30 mg/l a compușilor, nivelul proteinei este de 55% biomasă. În condițiile unor valori scăzute ale proteinelor pentru ambii compuși, seleniul acumulat în biomasa spirulinei, la aplicarea concentrației de 30 mg/L acetat de zinc, este de 52,64 mg%, iar la aplicarea a 30 mg/l selenid de germaniu, conținutul de Se este de 228,27 mg%. Prezența ionilor de germaniu în mediul de cultivare nu a împiedicat procesul de fixare a seleniului în biomasă și nu poate fi stabilită o relație corelațională dintre concentrația seleniului în mediul de cultivare și nivelul lui de acumulare în structurile celulare. Acumularea seleniului depinde de natura compusului chimic și proprietățile lui fizico-chimice.

Influența compusului  $\text{CoSeO}_3$  asupra sintezei proteinelor de către cianobacteria *Spirulina platensis* a fost realizată doar în patru concentrații de 5, 10, 15 și 20 mg/L, pentru care nu a fost stabilită o stimulare semnificativă a sintezei proteinelor. La concentrații mai mari, acest compus a fost determinat ca toxic pentru spirulina. La concentrații de 5-15 mg/L selenit de cobalt, conținutul proteinelor a fost la nivelul probei martor, la un conținut de seleniu acumulat în biomasă de 6,33-19,03 mg%. Odată cu creșterea concentrației peste 15 mg/L, s-a determinat o inhibare semnificativă a sintezei proteinelor. Astfel, la concentrația de 20 mg/L, conținutul proteinelor în biomasa spirulinei a scăzut cu 23% comparativ cu martorul, constituind 41,87%, pe fonul unei creșteri nesemnificative a conținutului de Se acumulat care a constituit 22,71 mg%. Concentrațiile de 5-25 mg/L selenit de zinc au fost favorabile pentru sinteza proteinelor, valorile determinate fiind la nivelul probei martor, sau puțin sporit (69,5 % biomasă). Nivelul de Se acumulat în biomasă pentru acest compus a variat între 6,07 și 41,83 mg%, nefiind condiționat de concentrația lui aplicată la creșterea spirulinei.

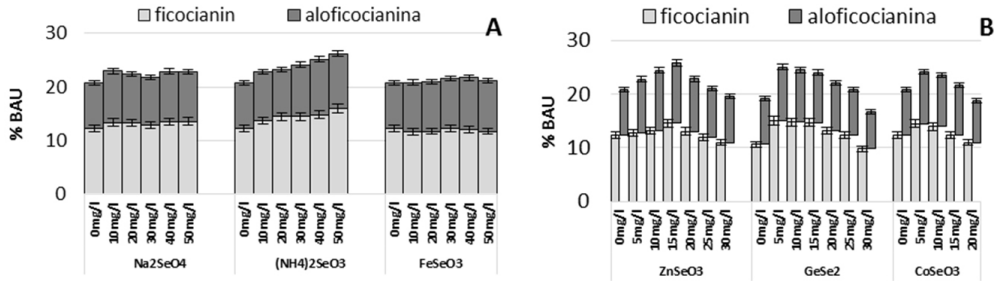
Analizând datele obținute asupra efectului compușilor anorganici ai seleniului asupra acumulării proteinelor în biomasa spirulinei, este de remarcat faptul că toți compușii aplicați în concentrațiile testate influențează pozitiv sinteza proteinelor. Selenitul de fier în concentrația de 40 mg/L și selenidul de germaniu în concentrația de 15 mg/L pot fi aplicați în tehnologiile de producere a biomasei cu un conținut ridicat de proteine și îmbogățită în seleniu.

Toți compușii chimici ai seleniului, testați, au un efect pozitiv diferit asupra acumulării de ficobiliproteine din biomasă spirulinei (Figura 2). Nu a fost determinată o reducere a conținutului de ficobiline în biomasă, ceea ce este o dovadă a lipsei toxicității compușilor seleniului testați și nu depinde de nivelul de Se acumulat în biomasă.

Cea mai mare creștere, cu 30,5%, a conținutului de ficobiline comparativ cu proba martor a fost stabilită în biomasa obținută prin cultivare în prezența selenidului de germaniu în concentrația de 5 mg/L aplicată.

Selenitul de amoniu în concentrația de 50 mg/L și selenitul de zinc în concentrația de 15 mg/L contribuie la creșterea cu 26,1% și cu 24,4%, respectiv a conținutului de ficobiline în biomasă. Creșterea cu 16,3% a conținutului de ficobiline în prezența

seleniului de cobalt a fost stabilită la concentrația de 5 mg/L. În ceea ce privește seleniul de sodiu, acesta nu modifică conținutul de ficobiline. Seleniul de fier, pentru care au fost stabilite cele mai mari valori ale Se acumulat în biomasă, nu a afectat semnificativ conținutul de ficobiline. Astfel, se poate afirma despre acțiunea lui stimulatorie asupra sintezei ficobilinelor, acumularea cărora favorizează fixarea seleniului în biomasă.



**Figura 2. Conținutul ficobilinelor în biomasă *S. platensis* la cultivare în prezența compușilor chimici: A - Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>O<sub>9</sub>·6H<sub>2</sub>O; B - CoSeO<sub>3</sub>, ZnSeO<sub>3</sub>, GeSe<sub>2</sub>.**

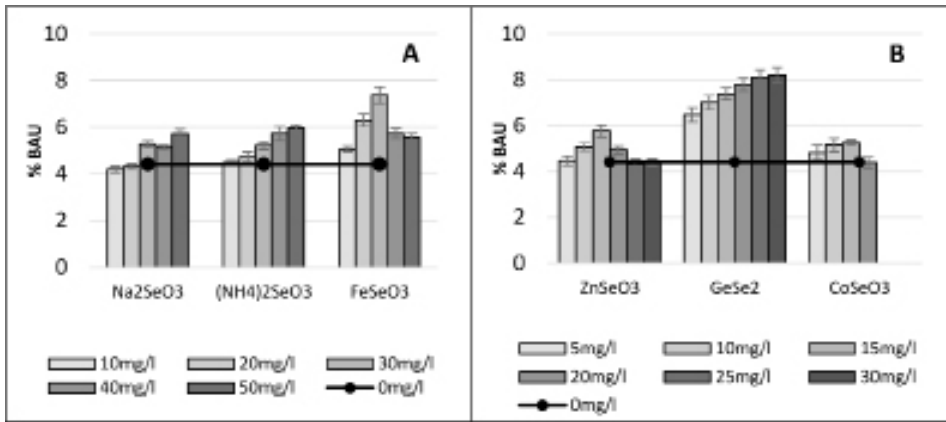
Efectul stimulator al compușilor seleniului asupra sintezei ficobilinelor este determinat de valorile crescute ale ficocianinei. Conținutul de aloficocianină crește, însă, nesemnificativ. Un astfel de tip de răspuns al spirulinei la prezența compușilor seleniului în mediul de cultivare a fost stabilit și în cazul aplicării unor compuși ai cromului [3]. Seleniul de zinc și seleniul de fier, dimpotrivă, induc acumularea de aloficocianină, ficocianina fiind la nivelul probei martor. Conținutul de ficocianină a crescut cu 41,8%, la cultivarea spirulinei în prezența selenidului de germaniu aplicat în concentrația de 5 mg/l, iar cel al aloficocianinei s-a majorat cu 35,3% în prezența seleniului de zinc aplicat în concentrație de 15 mg/l.

Astfel, pentru a obține o biomasă de spirulină cu un conținut ridicat de ficocianină (cu 41,8%) și aloficocianină (cu 16,5%), poate fi utilizat seleniului de în concentrația de 5 mg/L. Pentru a obține o biomasă cu un conținut sporit de aloficocianină (cu 35,3%), poate fi utilizat seleniul de zinc în concentrația de 15 mg/l.

Toți compușii chimici studiați ai seleniului în mod diferit contribuie la creșterea cantității de lipide din biomasă spirulinei (Figura 3).

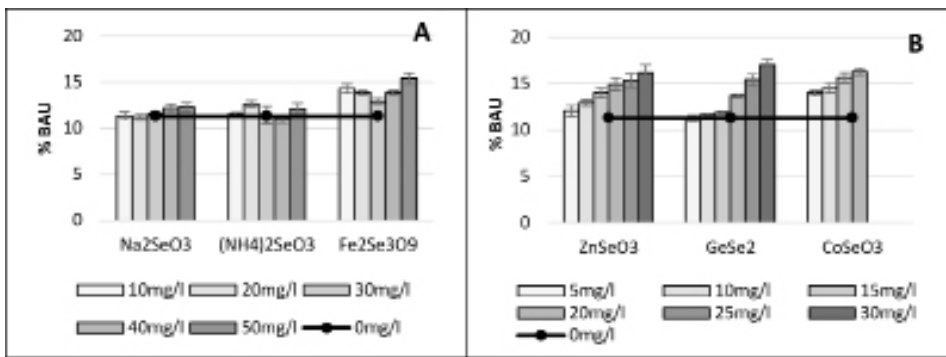
În cazul aplicării compușilor GeSe<sub>2</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> și Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, a fost confirmată dependența acumulării lipidelor în biomasă spirulinei de concentrația compusului utilizat.

Cel mai mare conținut al lipidelor de peste 8% în biomasă, a fost determinat pentru biomasă crescută în prezența selenidului de germaniu și care nu depinde nici de concentrația Se și nici de conținutul de proteine acumulat. Lipsa unei dependențe dintre conținutul lipidelor și valorile crescute ale seleniului acumulat a fost determinată și pentru seleniul de fier, ceea ce este o dovadă a lipsei toxicității acestui compus și nu demonstrează implicarea lipidelor în fixarea seleniului. Valorile mari ale lipidelor, determinate în prezența selenidului de germaniu, indiferent de concentrația compusului, demonstrează efectul complex atât a Se, cât și a Ge din mediul de cultivare.



**Figura 3. Conținutul lipidelor în biomasa *S. platensis* la cultivare în prezența compușilor chimici: A - Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>O<sub>9</sub>·6H<sub>2</sub>O; B - CoSeO<sub>3</sub>, ZnSeO<sub>3</sub>, GeSe<sub>2</sub>.**

Un indicator al activității biosintetice a spirulinei este acumularea de carbohidrați în calitate de sursă de carbon. Cea mai mare acumulare de carbohidrați s-a determinat la concentrațiile maxime ale compușilor testați (Figura 4).



**Figura 4. Conținutul glucidelor în biomasa *S. platensis* la cultivare în prezența compușilor chimici: A - Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>O<sub>9</sub>·6H<sub>2</sub>O; B - CoSeO<sub>3</sub>, ZnSeO<sub>3</sub>, GeSe<sub>2</sub>.**

Cele mai mari valori ale conținutului de carbohidrați au fost stabilite pentru toate concentrațiile aplicate ale compușilor Fe<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>O<sub>9</sub>·6H<sub>2</sub>O, CoSeO<sub>3</sub>, ZnSeO<sub>3</sub>, GeSe<sub>2</sub>.

Creșterea maximă a conținutului de carbohidrați (cu 50,3%) față de proba martor a fost stabilită la cultivarea spirulinei în prezența compusului GeSe<sub>2</sub>, suplimentat în concentrația de 30 mg/L. Compușii Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> și (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, în concentrațiile aplicate, nu au modificat conținutul de carbohidrați în biomasa spirulinei. De remarcat, ca ambii compuși, administrați la mediul de cultivare în doze semnificative nu au favorizat acumularea seleniului în biomasă, ceea ce demonstrează neimplicarea lor în activitatea biosintetică a spirulinei

Așadar, analiza componenței biochimice a biomasei de spirulină, obținută prin cultivarea ei în prezența unor compuși ai seleniului permite a identifica compușii care, fiind aplicați la mediul de cultivare nu numai că stimulează activitatea biosintetică

a spirulinei, dar și favorizează acumularea acestui bioelement în biomasă, ceea ce permite a recomanda aplicarea lor în dozele cu efecte maxime pozitive pentru obținerea unor compuși biologic activi valoroși din punct de vedere funcțional ce conțin ca parte efectivă seleniul.

### Concluzii

1. Compușii seleniului testați, într-o anumită concentrație, contribuie la biosinteza unor substanțe biologic active în biomasa spirulinei.
2. Deși acumularea seleniului în biomasa spirulinei depinde de natura compusului și concentrația acestuia, modificarea conținutului biochimic al spirulinei nu este condiționată de acumularea acestui bioelement de către spirulină.
3. Compusul  $\text{Fe}_2\text{Se}_3\text{O}_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , aplicat în concentrație de 40 mg/L la cultivarea spirulinei, stimulează sinteza proteinelor și favorizează acumularea a 606,9 mg% de seleniu.
4. Compușii seleniului au indus sinteza pigmentilor auxiliari ficobilinici. Compusul  $\text{GeSe}_2$  în concentrația de 5 mg/L, stimulează sinteza ficobilinelor în baza ficocianinei, conținutul căreia crește cu 41,8%. Selenitul de zinc în concentrația de 15 mg/L induce sinteza aloficocianinei, conținutul căreia crește cu peste 35%.
5. Ca rezultat al impactului  $\text{GeSe}_2$  asupra biomasei de spirulină, conținutul lipidelor crește de 1,9 ori.

### Bibliografie:

1. *Boussiba S., Richmond A.* C-phycocyanin as a storage protein in the blue-green alga *Spirulina platensis*. // Arch. Microbiol. 1980,125:143-147.
2. *Christopher S. et al.* Colorimetric method for determination of total serum lipids based on the sulfo-phospho-vanillin reaction. // American Journal of Clinical Pathology. 1970, 53(1): 89–91.
3. *Ciumac D.* Studiul modificării componenței biochimice a cianobacteriei *Spirulina platensis* la cultivarea în prezența compușilor coordinați ai Cr(III) : Autoreferat al tezei de doctor în biologie, 2008.- 26 p.
4. *Encarnação T. et al.* (2015): Cyanobacteria and microalgae: a renewable source of bioactive compounds and other chemicals. Science Progress, 98(2): 145 – 168.
5. GOST R 51309-99 „Drinking water. Determination of elements content by atomic spectrometry methods”.
6. *Hatfield D. et al.* Selenium: Its Molecular Biology and Role in Human Health Fourth Edition Springer USA New York, 2016, 607p.
7. *Kedik S. et al.* Influence of spirulina and its components on the immune system (review), Russian Journal of Biopharmaceuticals. 2011, 3(3): 3–10.
8. *Lowry O., Rosebrough N., Farr A.* Protein measurement with the Folin phenol reagent. // J. Biol. Chem. 1951, 193(1):265.
9. *Nuhu A.* Review Article *Spirulina (Arthrospira): An Important Source of Nutritional and Medicinal Compounds*. // Journal of Marine Biology. 2013, (1):1-8.
10. *Roman M., Jitaru P., Barbante C.* Selenium biochemistry and its role for human health // Metallomics 2013 6(1):25-54
11. *Rudic V. et al* Action of selenium compounds on growth and productivity of *Spirulina platensis* and level of accumulation of this element in the biomass. // VIII-th International „Conference of Zoologists Actual problems of protection and sustainable use of the animal world diversity”, Chișinău, R. Moldova, 10-12 october 2013, Book of Abstracts, p.230-232
12. *Rudic V. et al* Cianobacteria *Spirulina platensis* – matrice pentru producerea compușilor



organici selenocompauzi. // *Academos* 2014, 1(32): 83-88.

13. *Rudic V.* Tulpină de algă *Spirulina platensis* (Nordst) Geitl în calitate de sursă de substanțe biologice active. Brevet de invenție MD 4123. 29-02-2012

14. *Yemm E.W., Willis A. J.* The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. // *Biochem J.* 1954, 57(3): 508–514.

15. *Богданов Х.У.* Мониторинг опасных химических веществ в биологических субстратах. // сб. докладов IX всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей «Гигиеническая наука и практика на рубеже XXI века», 2001, т.1, с 218-220.

16. *Громова О.А.* Витаминные и микроэлементные препараты // *Фармацевтический вестник.* 2003, №2, 42 с.

17. *Мазо В.К. и др.* Влияние биологически активной добавки к пище, содержащей биодоступный селен, на протекание реакции системной анафилаксии у крыс. // *Биотехнология.* 1997, 9(10): 45-48

18. *Нечаев А.П., Кочеткова А.А., Зайцев А.Н.* Учебно-методическое пособие. - М.: Издательский комплекс МГУПП. 2001, 71с.

19. *Татков О. В.* Опыт включения БАД «Сплат» в схемы санаторно - курортной реабилитации летного состава и членов их семей // *Рынок БАД.* 2003, 6(14).

20. *Умураштан А.К.* Микроэлементозы, характерные для Краснодарского края. //М-лы межрег. научн.-практ. конф. к 80-летию КГМА: «Основные направления коррекции метаболизма в современных экологических условиях», Краснодар 2000, с