

**RUDI Ludmila, CHIRIAC Tatiana,  
CEPOI Liliana,  
MISCU Vera, RUDIC Valeriu**

**FACTORII TEHNOLOGICI  
ȘI CALITATEA BIOMASEI  
DE SPIRULINĂ**

**Chișinău, 2020**

CZU: 579.222:582.263

F 12

Aprobat de Consiliul științific al Institutului de Microbiologie și Biotehnologie (Proces verbal nr. 7 din 25 noiembrie)

Monografia cu denumirea **Factorii tehnologici și calitatea biomasei de spirulină** sistematizează rezultatele cercetării impactului unor factori tehnologici asupra calității biomasei cianobacteriei *Arthrospira platensis* (*spirulina*), cultivată în condiții de laborator și de producere industrială. În calitate de factori tehnologici au fost analizate condițiile de cultivare cu modificarea regimului de iluminare și a regimului termic; impactul stimulatoarelor chimici: compuși anorganici, compuși coordinativi, nanoparticule.

Monografia a fost concepută drept suport informativ și didactic și se adresează cercetătorilor, doctoranzilor și lucrătorilor de la întreprinderile din domeniul ficobiotehnologiei, precum și studenților de la specialitatea microbiologie și biotehnologie ș.a.

**Autori:** Rudi Ludmila, dr. șt. biol., Chiriac Tatiana, dr. șt. biol., Cepoi Liliana, dr. șt. biol., Miscu Vera, dr. șt. biol., Rudic Valeriu, dr. hab. șt. biol.

**Recenzenți:**

**1. UNGUREANU Laurenția, dr. hab. șt. biol., prof. cercet., Institutul de Zoologie**

**2. ȘALARU Victor, dr. hab. șt. biol., prof. univ., Universitatea de Stat din Moldova**

**Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții**

**Factorii tehnologici și calitatea biomasei de spirulină / Rudi Ludmila, Chiriac Tatiana, Cepoi Liliana [et al.].** – [Chișinău] : S. n., 2020 (Tipogr. "Artpoligraf"). – 242 p.: fig.Bibliogr.: p. 238-242 (77 tit.). – 150 ex.

**ISBN 978-9975-3462-8-3.**

<https://doi.org/10.52757/9789975346283>

# CUPRINS

<b>I.</b>	<b>COMPONENTA BIOCHIMICĂ ȘI ACTIVITATEA ANTIOXIDANTĂ A SPIRULINEI PE DURATA CICLULUI DE CULTIVARE ÎN CONDIȚII DE LABORATOR ȘI DE PRODUCERE INDUSTRIALĂ</b>	<b>8</b>
	1.1 Dinamica modificării componentei biochimice a biomasei pe durata ciclului de cultivare a spirulinei în condiții de laborator și de producere industrială	10
	1.2 Dinamica modificării activității antioxidante pe durata ciclului de cultivare a spirulinei în condiții de laborator și de producere industrială	22
<b>II.</b>	<b>COMPONENTA BIOCHIMICĂ ȘI ACTIVITATEA ANTIOXIDANTĂ A SPIRULINEI PE DURATA CICLULUI DE CULTIVARE ÎN REGIM TERMIC MODIFICAT ÎN CONDIȚII DE LABORATOR ȘI DE PRODUCERE INDUSTRIALĂ</b>	<b>28</b>
	2.1 Modificarea componentei biochimice a biomasei pe durata ciclului de cultivare a spirulinei în regim de temperatură crescută în condiții de laborator și de producere industrială	29
	2.2 Modificarea activității antioxidante a biomasei de spirulină cultivată în regim termic crescută în condiții de laborator și industriale	38
<b>III.</b>	<b>COMPONENTA BIOCHIMICĂ ȘI ACTIVITATEA ANTIOXIDANTĂ A SPIRULINEI PE DURATA CICLULUI DE CULTIVARE ÎN REGIM DE ILUMINARE PERIODICĂ ÎN CONDIȚII DE LABORATOR ȘI PRODUCERE INDUSTRIALĂ</b>	<b>45</b>
	3.1 Modificarea componentei biochimice a biomasei pe durata ciclului de cultivare a spirulinei în regim de iluminare periodică în condiții de laborator și de producere industrială	47
	3.2 Modificarea activității antioxidante a biomasei la cultivarea spirulinei în regim de iluminare periodică în condiții de laborator și industriale	58

	<b>COMPONENȚA BIOCHIMICĂ ȘI ACTIVITATEA ANTIOXIDANTĂ A SPIRULINEI PE FON DE STRES DE ILUMINARE INDUS PE DURATA CICLULUI DE CULTIVARE ÎN CONDIȚII DE LABORATOR ȘI INDUSTRIALE</b>	<b>65</b>
<b>IV.</b>	4.1 Modificarea componenței biochimice a spirulinei pe fon de stres de iluminare indus pe durata ciclului de cultivare în condiții de laborator	65
	4.2 Modificarea componenței biochimice a spirulinei pe fon de stres de iluminare indus pe durata ciclului de cultivare în condiții industriale	88
	<b>COMPONENȚA BIOCHIMICĂ ȘI ACTIVITATEA ANTIOXIDANTĂ A SPIRULINEI PE DURATA CICLULUI DE CULTIVARE ÎN REGIM DE STRES TERMIC INDUS ÎN CONDIȚII DE LABORATOR ȘI INDUSTRIALE</b>	<b>105</b>
<b>V.</b>	5.1 Modificarea componenței biochimice și activității antioxidante a biomasei pe durata ciclului de cultivare a spirulinei în regim de stres termic indus în condiții de laborator	106
	5.2 Modificarea componenței biochimice a biomasei pe durata ciclului de cultivare a spirulinei în condiții de producere industrială optimale și de stres termic indus	126
	<b>PRINCIPII DE DETERMINARE A INSTALĂRII STRESULUI OXIDATIV ÎN BIOMASĂ, PE DURATA CICLULUI DE CULTIVARE A SPIRULINEI ÎN CONDIȚII DE LABORATOR ȘI INDUSTRIALE</b>	<b>142</b>
<b>VI.</b>	6.1 Relevanța testului TBARS în determinarea stresului oxidativ la <i>Arthrospira platensis</i> (spirulina) pe durata ciclului de cultivare	142
	6.2 Modificarea conținutului de $\beta$ -caroten în biomasă ca răspuns la instalarea stresului oxidativ la cultivarea spirulinei în condiții de laborator și industriale	150
	<b>COMPONENȚA BIOCHIMICĂ ȘI ACTIVITATEA ANTIOXIDANTĂ A SPIRULINEI LA CULTIVARE ÎN PREZENȚA UNOR COMPUȘI CHIMICI ÎN CONDIȚII DE LABORATOR ȘI DE PRODUCERE INDUSTRIALĂ</b>	<b>158</b>
<b>VII.</b>		

7.1	Modificarea componenței biochimice a biomasei pe durata fazei de creștere exponențială a spirulinei în prezența stimulatorilor chimici, în condiții de laborator	159
7.2	Modificarea activității antioxidante a spirulinei pe durata cultivării în prezența stimulatorilor chimici în condiții de laborator	168
7.3	Modificarea componenței biochimice a biomasei pe durata creșterii exponențiale a spirulinei în prezența stimulatorilor chimici în condiții de producere industrială	172
7.4	Modificarea activității antioxidante a spirulinei pe durata cultivării în prezența stimulatorilor chimici, în condiții de producere industrială	179
<b>VIII. CAPACITATEA DE ADAPTARE A CULTURII DE SPIRULINĂ DE DIFERITĂ VÂRSTĂ LA STRESUL OXIDATIV INDUS PRIN HIPOTERMIE LA CULTIVARE ÎN PREZENȚA STIMULATORILOR CHIMICI</b>		<b>182</b>
<b>IX. COMPONENTA BIOCHIMICĂ ȘI ACTIVITATEA ANTIOXIDANTĂ A SPIRULINEI LA CULTIVARE ÎN PREZENȚA UNOR NANOPARTICULE. INDICATORII STRESULUI OXIDATIV INSTALAT</b>		<b>211</b>
9.1	Modificarea componenței biochimice a biomasei de spirulină cultivată în prezența nanoparticulelor de aur și argint în polietilenglicol (concentrații mici)	214
9.2	Modificarea componenței biochimice a biomasei pe durata ciclului de cultivare a spirulinei în prezența nanoparticulelor de argint și aur (concentrații mari)	223
9.3	Modificarea componenței biochimice a biomasei de spirulină obținute la cultivare în prezența nanoparticulelor de cupru și cadmiu	228
9.4	Modificarea activității antioxidante a biomasei de spirulină cultivată în prezența nanoparticulelor de argint, aur, cupru și cadmiu	233
<b>BIBLIOGRAFIE</b>		<b>239</b>

În prezent, consumatorul european pe lângă produsele biotehnologiilor clasice – în special produsele alimentare are la dispoziție și diferite materiale inovative – produse biofarmaceutice și cosmetice obținute prin aplicarea ingineriei genice, celulare și tisulare.

Bioeconomia europeană, partea a căreia este și ficobiotehnologia modernă, este unul dintre cele mai mari și mai importante sectoare ale UE care cuprinde produsele bio, cu o cifră de afaceri anuală de aproximativ 2 trilioane de euro și angajează aproximativ 18 milioane de oameni. În acest domeniu au fost investite 3,85 miliarde de euro în cadrul programului Orizont 2020 (2014-2020) și urmează a fi investite conform propunerii Comisiei Europene 10 miliarde de euro în programul Horizon Europe (2021-2027). Astfel, biotehnologia, inclusiv cea ficologică, este unul dintre cele mai dinamice și de perspectivă domenii ale cunoașterii moderne.

Popularitatea și cererea mare de produse ficologice pe piața locală și mondială stimulează producătorii de a investi în domeniul ficobiotehnologiei. În tendința de a spori productivitatea tehnologiilor aplicate sunt operate diferite procedee, care în calitate de sarcină auxiliară au scăderea costurilor în sine ale produselor obținute. Orișice intervenție în parcursul tipic al ciclurilor vitale ale culturilor ficologice poate provoca o anumită stare de stres, ce afectează în mare măsură calitatea și siguranța biomasei și a produselor din aceasta pentru om. În aceste condiții există o necesitate primordială de a asigura un echilibru eficient între efectul economic și starea de bine a culturilor, care urmează a fi utilizate în consumul uman.

Prezenta monografie este consacrată elucidării multiplelor aspecte ale influenței procedurilor tehnologice asupra calității biomasei și preparatelor din spirulină – unele dintre cele mai populare și valoroase produse, oferite de ficobiotehnologia modernă.

Nanoparticulele de Au și Ag cu dimensiunea de 5 nm cu înveliș din polietilenglicol, în concentrațiile de la 0,025 la 0,5  $\mu\text{M}$  stimulează activitatea biosintetică a cianobacteriei *Arthrospira platensis* (spirulina).

5. Nanoparticulele de Cd cu înveliș din polietilenglicol cu dimensiunea de 5 nm, în concentrațiile de 0,025 și 0,5  $\mu\text{M}$  stimulează activitatea biosintetică a cianobacteriei *Arthrospira platensis* (spirulina).
  
6. Nanoparticulele de Cu cu înveliș din polietilenglicol cu dimensiunea de 5 nm, în concentrațiile de la 0,25 la 10,0  $\mu\text{M}$  și nanoparticulele de Cd cu înveliș din polietilenglicol cu dimensiunea de 5 nm în concentrațiile de la 1,0 la 10,0 se manifestă ca inductori ai stresului oxidativ pentru cianobacteria *Arthrospira platensis* (spirulina).
  
7. Modificarea activității antioxidante este un indicator care confirmă instalarea stresului oxidativ în biomasa spirulinei.

## BIBLIOGRAFIE:

1. AMREI H. D. et al. Using fluorescent material for enhancing microalgae growth rate in photobioreactors. In: *Journal of Applied Phycology*. 2015, 27: 67-74.
2. BASTOS V. et al. The influence of Citrate or PEG coating on silver nanoparticle toxicity to a human keratinocyte cell line. In: *Toxicology Letters*. 2016, 249: 29-41.
3. BELAY A. The potential application of *Spirulina (Arthrospira)* as a nutritional and therapeutic supplement in health management. In: *Journal of the American Nutraceutical Association*. 2002, 5: 27-48.
4. BELÉN C., COSS R., NIELL F. Relationship between physicochemical variables and productivity in open ponds for the production of *Spirulina*: a predictive model of algal yield. In: *Aquaculture*. 2003, 221(1-4): 331-345.
5. BODA S.K. et al. Cytotoxicity of ultrasmall gold nanoparticles on planktonic and biofilm encapsulated Gram-positive Staphylococci. In: *Small*. 2015, 11(26): 3183-3193.
6. BRITTON G., LIAAEN-JENSEN S., PFANDER H. Carotenoids. Handbook. Basel, Boston: Birkhäuser Verlag, 2004. 885 p.
7. BUCHMAN J.T. et al. Using an environmentally-relevant panel of Gram-negative bacteria to assess the toxicity of polyallylamine hydrochloride-wrapped gold nanoparticles. In: *Environmental Science: Nano*. 2018, 5: 279-288.
8. BURCHARDT A.D. et al. Effects of silver nanoparticles in diatom *Thalassiosira pseudonana* and cyanobacterium *Synechococcus sp.* In: *Environmental Science and Technology*. 2012, 46: 11336-11344.
9. CABUZU D., CIRJA A., PUTU R., GRUMEZESCU A.M. Biomedical applications of gold nanoparticles. In: *Current Topics in Medicinal Chemistry*. 2015, 15: 1605-1613.
10. CAI W., GAO T., HONG H., SUN J. Applications of gold nanoparticles in cancer nanotechnology. In: *Nanotechnology, Science and Applications*. 2008, 1: 17-32.
11. CAN S. S., KORU E., CIRIK S. Effect of temperature and nitrogen concentration on the growth and lipid content of *Spirulina platensis* and biodiesel production. In: *Aquaculture International*. 2017, 25: 1485-1493.
12. CELEKLI A., DONMEZ G. Effect of pH, light intensity, salt and nitrogen concentrations on growth and b-carotene accumulation by a new isolate of *Dunaliella sp.* In: *World Journal of Microbiology & Biotechnology*. 2006, 22: 183-189.
13. CEPOI L. et al. Growth and heavy metals accumulation by *Spirulina platensis* biomass from multicomponent copper containing synthetic effluents during repeated cultivation cycles. In: *Ecological engineering*. 2020, 142: 105637.
14. CHALOUPKA K., MALAM Y., SEIFALIAN A.M. Nanosilver as a new generation of nanoparticle in biomedical applications. In: *Trends in Biotechnology*. 2010, 28: 580-588.
15. CHEN H., GAO F., HE R., CUI D. Chemiluminescence of luminol catalyzed by silver nanoparticles. In: *Journal of Colloid and Interface Science*. 2007, 315: 158-163.
16. CHERCHI C., GU A.Z. Impact of titanium dioxide nanomaterials on nitrogen fixation rate and intracellular nitrogen storage in *Anabaena variabilis*. In: *Environmental Science and Technology*. 2010, 44: 8302-8307.
17. CHOI O., HU Z. Size dependent and reactive oxygen species related nanosilver toxicity to nitrifying bacteria. In: *Environmental Science and Technology*. 2008, 42: 4583-4588.
18. CIUMAC D. et al. Studiul acțiunii compușilor coordinativi noi ai Fe(III) și ai Cr(III) asupra procesului de acumulare a unor principii bioactive în biomasa de spirulina. În: *Studia Universitatis. Științele naturii*. 2009, 1(21): 5-9.
19. COLLA L.M. Production of biomass and nutraceutical compounds by *Spirulina platensis* under different temperature and nitrogen regimes. In: *Bioresource Technology*. 2007, 98(7): 1489-1493.



20. COLLA L.M., et al. Thermal and photo-stability of the antioxidant potential of *Spirulina platensis* powder. In: *Brazilian Journal of Biology*. 2017, 77(2): 332-339.
21. DESHNIUM P. et al. Temperature-independent and -dependent expression of desaturase genes in filamentous cyanobacterium *Spirulina platensis* strain C1 (*Arthrospira sp. PCC 9438*). In: *FEMS Microbiology Letters*. 2000, 184(2): 207-213.
22. DOMONKOS I., KIS M., GOMBOS Z., UGHY B. Carotenoids, versatile components of oxygenic photosynthesis. In: *Progress in Lipid Research*. 2013, 52: 539-561.
23. ELAHI N., KAMALI M., BAGHERSAD M.H. Recent biomedical applications of gold nanoparticles: A review. In: *Talanta*. 2018, 184: 537-556.
24. FERNANDEZ F.G.A., FERNANDEZ-SEVILLA J.M., GRIMA E.M. Photobioreactors for the production of microalgae. In: *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*. 2013, 12: 131-151.
25. FRATODDI I., VENDITTI I., CAMETTI C., RUSSO M.V. How toxic are gold nanoparticles? The state-of-the-art. In: *Nano Research*. 2015, 8: 1771-1799.
26. GREULICH C. et al. The toxic effect of silver ions and silver nanoparticles towards bacteria and human cells occurs in the same concentration range. In: *RSC Advances*. 2012, 2(17): 6981-6987.
27. GROBBELAAR J. Mass production of microalgae at optimal photosynthetic rates. In: DUBINSKY Z. ed. *Photosynthesis*. Rijeka: IntechOpen, 2013, pp.357-371.
28. GRUSZECKI W. I., STRZALKA K. Carotenoids as modulators of lipid membrane physical properties. In: *Biochimica et Biophysica Acta*. 2005, 1740: 108–115.
29. GUO J. et al. Gold nanoparticles enlighten the future of cancer theranostics. In: *International Journal of Nanomedicine*. 2017, 12: 6131–6152.
30. HOSEINI S.M., KHOSRAVI-DARANI K., MOZAFARI M.R. Nutritional and medical applications of spirulina microalgae. In: *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 2013, 13: 1231-1237.
31. KESHERI M., RICHA K.M, SINHA R.P. Antioxidants as natural arsenal against multiple stresses in cyanobacteria. In: *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2011, 2(2): B168-B187.
32. KRISHNARAJ, C., et al. Effect of biologically synthesized silver nanoparticles on *Bacopa monnieri* (Linn.) Wettst. plant growth metabolism. In: *Process Biochemistry*. 2012, 47: 651-658.
33. KUMAR M., KULSHRESHTHA J., SINGH G. Growth and biopigment accumulation of cyanobacterium *Spirulina platensis* at different light intensities and temperature. In: *Brazilian Journal of Microbiology*. 2011, 42(3): 1128-1135.
34. KUSAMA Y. et al. Zeaxanthin and echinenone protect the repair of photosystem II from inhibition by singlet oxygen in *Synechocystis sp. PCC 6803*. In: *Plant Cell Physiology*. 2015, 56: 906–916.
35. LEHMANN A.D. et al. Fluorescent-magnetic hybrid nanoparticles induce a dose-dependent increase in proinflammatory response in lung cells in vitro correlated with intracellular localization. In: *Small*. 2010, 6: 753–762.
36. LIU K. et al. Investigating the role of gold nanoparticle shape and size in their toxicities to fungi. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018, 15: 998.
37. LONE J. A. et al. Characterization of tolerance limit in *Spirulina platensis* in relation to nanoparticles. In: *Water, Air, & Soil Pollution*. 2013, 224(9): 1670.
38. MARSALEK B. et al. Multimodal action and selective toxicity of zerovalent iron nanoparticles against cyanobacteria. In: *Environmental Science and Technology*. 2012, 46(4): 2316–2323.

39. MELNIC S. *et al.* Biotechnological application of homo- and heterotrivalent iron(III) furoates for cultivation of iron-enriched *Spirulina*. In: *Inorganica Chimica Acta*. 2011, 373(1): 167-172.
40. MORENO-GARRIDO I., PÉREZ S., BLASCO J. Toxicity of silver and gold nanoparticles on marine microalgae. In: *Marine Environmental Research*. 2015, 111: 60–73.
41. NAIR L.S., LAURENCIN C.T. Silver nanoparticles: Synthesis and therapeutic applications. In: *Journal of Biomedical Nanotechnology*. 2007, 3(4): 301-316.
42. NAVARRO E. *et al.* Toxicity of silver nanoparticles to *Chlamydomonas reinhardtii*. In: *Environmental Science and Technology*. 2008, 42: 8959–8964.
43. NIAZI J.H., GU M.B. Toxicity of metallic nanoparticles in microorganisms - A review. In KIM Y.J., PLATT U., GU M.B., IWAHASHI H., eds. *Atmospheric and biological environmental monitoring*. Dordrecht: Springer, 2009, pp. 193–206.
44. NISHIYAMA Y., MURATA N. Revised scheme for the mechanism of photoinhibition and its application to enhance the abiotic stress tolerance of the photosynthetic machinery. In: *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2014, 98: 8777–8796.
45. OGBONDA K. H., AMINIGO R. E., ABU G. O. Influence of temperature and pH on biomass production and protein biosynthesis in a putative *Spirulina sp.* In: *Bioresource Technology*. 2007, 98(11): 2207–2211.
46. PADE N., HAGEMANN M. Salt acclimation of cyanobacteria and their application in biotechnology. In: *Life*. 2015, 5(1): 25–49.
47. PÁDROVÁ K. *et al.* Trace concentrations of iron nanoparticles cause overproduction of biomass and lipids during cultivation of cyanobacteria and microalgae. In: *Journal of Applied Phycology*. 2015, 27(4): 1443–1451.
48. PARASHAR V., PARASHAR R., SHARMA B., PANDEY A.C. Parthenium leaf extract mediated synthesis of silver nanoparticles: a novel approach towards weed utilization. In: *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 2009, 4: 45-50.
49. PAREEK A., SRIVASTAVA P., Optimum photoperiod for the growth of *Spirulina platensis*. In: *Journal of Phytological Research*. 2011, 14(2): 219-220.
50. PASCUAL G. C. *et al.* Detection of silver nanoparticles inside marine diatom *Thalassiosira pseudonana* by electron microscopy and focused ion beam. In: *PLoS ONE*. 2014, 9(5): e96078.
51. PINZARU I. *et al.* Stable PEG-coated silver nanoparticles – A comprehensive toxicological profile. In: *Food and Chemical Toxicology*. 2018, 111: 546–556.
52. PLANCHON M. *et al.* Exopolysaccharides protect *Synechocystis* against the deleterious effects of titanium dioxide nanoparticles in natural and artificial waters. In: *Journal of Colloid and Interface Science*. 2013, 405: 35–43.
53. PLETIKAPIĆ G. *et al.* Atomic force microscopy characterization of silver nanoparticles interactions with marine diatom cells and extracellular polymeric substance. In: *Journal of Molecular Recognition*. 2012, 25: 309–317.
54. PRABHU S., POULOSE E.K. Silver nanoparticles: mechanism of antimicrobial action, synthesis, medical applications, and toxicity effects. In: *International Nano Letters*. 2012, 32.
55. PRATES D. D. *et al.* *Spirulina* cultivated under different light emitting diodes: Enhanced cell growth and phycocyanin production. In: *Bioresource Technology*. 2018, 256: 38-43.
56. RANTAMAKI S. *et al.* Oxygen produced by cyanobacteria in simulated archaean conditions partly oxidizes ferrous iron but mostly escapes—conclusions about early evolution. In: *Photosynthesis Research*. 2016, 130(1-3): 103-111.
57. RICHMOND A. *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology*. Blackwell Publishing Ltd, 2004. 566 p.

58. RUDIC V. ș. a. Componenta aminoacidă a oligopeptidelor și aminoacizilor liberi din biomasa de spirulină cultivată în prezența unor compuși coordinați ai Fe(III) și Zn(II). În: *Studia Universitatis. Științele naturii*. 2007, 1: 120-124.
59. RUDIC V. ș. a. Aprecierea toxicității nanoparticulelor CdSe, ZnSe și ZnS față de microalga *Porphyridium cruentum*. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2012, 2(317): 118-125.
60. RUDIC V. ș. a. Ficobiotehnologie – cercetări fundamentale și realizări practice. Chișinău: Știința, 2007. 364 p.
61. SABATINI S. E. et al. Oxidative stress and antioxidant defenses in two green microalgae exposed to copper. In: *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2009, 72: 1200–1206.
62. SADOVNIC D. Tehnologii de obținere a preparatelor antioxidante și antiradicalice din biomasa algei roșii *Porphyridium cruentum* CNM-AR-01: tz. de doct. Chișinău, 2014. 159 p.
63. SHARMA N. et al. Exploitation of marine bacteria for production of gold nanoparticles. In: *Microbial Cell Factories*. 2012, 11: 86.
64. SHUGUANG W., LAWSON R., RAY P.C., HONGTAO Yu. Toxic effects of gold nanoparticles on *Salmonella typhimurium* bacteria. In: *Toxicology and Industrial Health*. 2011, 27: 547–554.
65. TAKAHASHI S., MURATA N. How do environmental stresses accelerate photoinhibition? In: *Trends in Plant Science*. 2008, 13: 178–182.
66. TAKAICHI S., MOCHIMARU M. Carotenoids and carotenogenesis in cyanobacteria: unique ketocarotenoids and carotenoid glycosides. In: *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2008, 64: 2607–2619.
67. TAKANO H. et al. Effects of intensity and quality of light on phycocyanin production by a marine cyanobacterium *Synechococcus* sp. NKBG 042902. In: *Applied Microbiology and Biotechnology*. 1995, 43(6): 1014-1018.
68. TATUR S., et al. Effect of functionalized gold nanoparticles on floating lipid bilayers. In: *Langmuir*. 2013. 29(22): 6606-6014.
69. TEDESCO M.A., DUERR E.O. Light, temperature and nitrogen starvation effects on the total lipid and fatty acid content and composition of *Spirulina platensis* UTEX 1928. In: *Journal of applied Phycology*. 1989, 1: 201-209.
70. TORZILLO G., PUSHPARAJ B., MASOJIDEK J., VONSHAK A. Biological constraints in algal biotechnology. In: *Biotechnology and Bioprocess Engineering*. 2003, 8: 338-348.
71. TOTH T. N. et al. Carotenoids are essential for the assembly of cyanobacterial photosynthetic complexes. In: *Biochimica et Biophysica Acta*. 2015, 1847: 1153–1165.
72. VALUȚA A. Activitatea antiradicalică a extractelor din cianobacteria *Nostoc linckia* pe durata ciclului vital. În: *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții*. 2013, 3(322): 154-167.
73. VAN HOECKE K. et al. Ecotoxicity and uptake of polymer coated gold nanoparticles. In: *Nanotoxicology*. 2013, 7: 37-47.
74. VERMA A., STELLACCI F. Effect of surface properties on nanoparticle-cell interactions. In: *Small*. 2010, 6: 12–21.
75. YANG X. et al. Mechanism of silver nanoparticle toxicity is dependent on dissolved silver and surface coating in caenorhabditis elegans. In: *Environmental Science and Technology*. 2012, 46: 1119-1127.
76. МЕЛЬНИКОВ С.С., САМОВИЧ Т.В., МАНАНКИНА Е.Е., БУДАКОВА Е.А. Влияние чередования световых и темновых периодов на продуктивность *Spirulina (Arthrospira) platensis* (Nordst.) Geitler. В: *Альгология*. 2012, 22(2): 121-130.