

London, UK, Taylor & Francis, 2002, 1-30.

28. Holterman M., van der Wurff A., van den Elsen S, *et al.* Phylum-wide analysis of SSU rDNA reveals deep phylogenetic relationships among nematodes and accelerated evolution toward crown clades. *Molecular Biology and Evolution*. 2006, 23, 1792-1800.

29. Jairajpuri M.S., Ahmad W. *Dorylaimida*. Free-living, predaceous and plant-parasitic nematodes. E.J.Brill, Leiden, 1992, 458 pp.

30. Mullin P.G., Harris T.S., Power T.O. Phylogenetic relationship of Nygolaimina and Dorylaimina (Nematoda: Dorylaimida) inferred from small subunit ribosomal DNA sequences. *Nematology*, 2005, 7, 59-79.

31. Poiras L. *Nematodes from the deciduous forests in Moldova*. Bull. Stiint. Revista de Etografie, Stiinte ale Naturii si Muzeologie. 2006, .V4 (17), Stiinte ale Naturii, Chisinau: 87-97.

32. Yeats G.W. Observation on phylogeny and evolution in the Dorylaimina (Nematoda). New Zealand J. Sci., 1967, V.10, p. 683-700.

Articolul este prezentat de academicianul I.Toderas

MICROBIOLOGIA ȘI BIOTEHNOLOGIA

SPECTRUL AMINOACIZILOR ȘI COMPONENTA CALITATIVĂ A PROTEINELOR LA SPIRULINA CULTIVATĂ ÎN PREZENȚA UNOR COMPUȘI COORDINATIVI AI Cr(III)

**Rudic V., Bulimaga Valentina*, Ciumac Daniela,
Zosim Liliana*, Chiriac Tatiana**

*Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al AȘM,
* Centrul de Cercetări Științifice "Științe ale Vieții", USM*

Introducere

Deși este parte componentă a șirului de microelemente esențiale, cromul nu este absolut necesar pentru a asigura homeostaza cianobacteriilor, excesul lui, îndeosebi a Cr(VI) producând efecte toxice asupra creșterii și dezvoltării acestor microorganisme fotosintetizatoare [6,19].

În prezent, cercetările la capitolul „Cromul și cianobacteriile” se desfășoară în două direcții. Prima direcție este consacrată studiului posibilității utilizării cianobacteriilor (ex. *Oscillatoria sp.*, *Nostoc sp.*, *Synechococcus sp.*, *Spirulina sp.*, etc.) în calitate de sorbenți naturali ce neutralizează și micșorează titrul ionilor toxici de Cr(VI) în ape și soluri [1, 3, 11, 14]. Cea de a doua direcție este dezvoltată în baza capacității cianobacteriilor (în special celor din genul *Spirulina*) de a acumula acest bioelement în procesul de cultivare și bioconverti prin incorporarea lui în diverse fracții de principii bioactive ale biomasei, valorificată în calitate de sursă non convențională de nutraceutice și remedii medicamentoase cromcomponente [2, 4, 16, 22].

În aspect fundamental, aceste studii vizează elucidarea mecanismelor implicate în biosorbția sau bioacumularea cromului. Parte componentă și principii de realizare a acestor procese sunt liganzii biologici, printre care aminoacizii, peptidele și proteinele cu rol de agenți intracelulari de chelatare și de coordonare a ionilor de Cr³⁺ [11,14].

Cianobacteria *Spirulina* (diverse specii ale ei) reperzintă, cu certitudine, obiectul model și de tangență în studiile nominalizate, fiind promotorul unor substanțe bioactive valoroase, dintre care ponderea cea mai mare revine componentelor proteice.

Prezintă interes cercetările consacrate evaluării și stabilirii unor schimbări calitative și cantitative ale proteinelor în biomasa de spirulină, obținută la cultivare în prezența unor concentrații înalte ale cromului. Acestea sunt importante în aspect informativ, în vederea furnizării de noi date asupra sintezei unor componente proteice noi, precum și asupra compoziției lor aminoacide.

Astfel, scopul prezentului studiu a constituit evaluarea modificărilor survenite în spectrul aminoacizilor și în componența calitativă a proteinei sumare la tulpina cianobacteriei *Spirulina platensis* CNM-CB-02 cultivată în prezența unor compuși coordinați ai Cr(III).

Materiale și metode

Obiectul cercetărilor expuse a fost tulpina cianobacteriei *Spirulina platensis* CNM-CB-02 (CYANOPHYTA), depozitată în Colecția Națională de Microorganisme nepatogene de pe lângă Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al Academiei de Științe a Moldovei.

Biomasa de spirulină a fost obținută conform unor procedee care au inclus inocularea cianobacteriei pe mediul nutritiv cu următoarea compoziție: macroelemente (g/l) NaNO_3 -2,25; NaHCO_3 -8,0; NaCl -1,0; K_2SO_4 -0,3; Na_2HPO_4 -0,2; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ -0,2; CaCl_2 -0,024; microelemente (mg/l (mediu): H_3BO_3 -2,86; $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ -1,81; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -0,08; MoO_3 -0,015, cultivarea ei în retorte Erlenmeyer a câte 250 ml cu 100 ml suspensie timp de 6 zile, suplimentarea la a 3-a zi a unui din compușii coordinați ai Cr(III) - $\text{K}_2[\text{Cr}(\text{NTA})(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{H}_2\text{O})] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, în care NTA – acidul nitrilotriacetic (variantea experimentală I) și $[\text{K}_2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_4] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (variantea experimentală II) în concentrație de 30 mg/l. Pe durata cultivării a fost respectată temperatura de 30° - 32° C și iluminarea în limitele a 2 - 3mii lx .

Pentru a extrage din biomasa de spirulină proteinele sumare a fost utilizată soluția-tampon: Tris-HCl 0,628 mM, pH=8,0 (1g probă : 5 ml), acid ascorbic 0,03%, EDTA 1 mM. După expunerea timp de 30 min., amestecul a fost centrifugat la 6000 rot/min. timp de 15 min. Supernatantul a fost colectat, iar sedimentul a mai fost spălat de 2 ori cu extragent proteic. Precipitarea proteinelor a fost realizată cu acetat de amoniu până la concentrația finală de 90%, apoi spălat cu acid tricloracetic de 5%. Sedimentul obținut a fost spălat cu etanol, acetonă, eter, iar apoi uscat și utilizat pentru prepararea probelor [15].

Compoziția aminoacidă a fracției de proteine sumare a fost determinată la analizatorul „AAA-339” al Firmei „Microtechna” (Cehia) și a fost precedată de hidroliza acidă a fracției studiate.

Determinarea calitativă a proteinelor prin SDS-PAGE a fost realizată în sistemul de tampoane Laemmli, în plăci verticale de poliacrilamidă cu grosimea de 1 mm, în condiții denaturante cu SDS. Operațiile post-electroforetice au fost efectuate conform metodei standard [15]. Masele moleculare relative ale fracțiilor polipeptidice separate au fost determinate în funcție de indicii mobilității electroforetice, folosind curba de etalonare a proteinelor standard.

Rezultate și discuții

Dat fiind faptul că proteinele sunt componentele de bază structurale și funcționale ale celulei, tot mai des se recurge la metoda fracționării în diverse tipuri de geluri prin metoda electroforetică, pentru a stabili componența lor calitativă. În baza relației dintre sarcină și masa moleculară pot fi izolate și caracterizate complexe proteice native, spectrele electroforetice ale acestora reflectând într-o anumită măsură specificul și modul de organizare a proteinelor în celulă.

Procesele biosintetice din celulele în creștere și dezvoltare se finalizează cu formarea noilor aminoacizi și includerea lor în structurile proteice și alte substanțe organice. Existența mecanismelor care controlează formarea substanțelor de natură proteică, precum și a altor metaboliți indică că celulele în stare normală nu acumulează substanțele organice în exces, ci le sintetizează doar într-o cantitate strict necesară pentru creștere.

Mecanismele de reglare a sintezei proteinelor sunt determinate și de adaptabilitatea înaltă a cianobacteriilor la modificările componenței chimice a mediilor de cultivare, în special, de capacitatea acestor microorganisme de a-și schimba căile metabolice în dependență de compoziția mediului și de preferințele în utilizarea metaboliților finali pentru economia resurselor energetice celulare.

Tulpina cianobacteriei *Spirulina platensis* CNM-CB-02 a demonstrat capacitatea de a acumula cantități intracelulare înalte a cromului, la cultivarea ei în prezența compușilor $K_2[Cr(NTA)(C_2O_4)(H_2O)] \cdot 2H_2O$ (circa 500mg% crom) și $[K_2Cr_2(SO_4)_4] \cdot 12H_2O$ (circa 320mg% crom), distribuite preponderent în fracția de proteine sumare (circa 88% și respectiv, circa 74% din conținutul total de crom).

Analiza spectrului aminoacizilor din proteina sumară a biomasei de spirulină, în variantele experimentale cu utilizarea compușilor coordinați ai Cr(III) nominalizați denotă prezența (ca și în martor) a tuturor aminoacizilor esențiali și non esențiali (tabelul 1).

Au fost semnalate, însă, diferențe semnificative în conținutul unor aminoacizi non esențiali față de varianta martor. Astfel, în variantele cu utilizarea $K_2[Cr(NTA)(C_2O_4)(H_2O)] \cdot 2H_2O$ și $[K_2Cr_2(SO_4)_4] \cdot 12H_2O$, cu un conținut mai înalt de 3,25 și 3,26 ori s-a soldat sinteza glicinei și de 2,73 și 3,39 ori a acidului glutamic. În comparație cu varianta martor, s-a majorat considerabil și conținutul cisteinei/acidului cisteinic, care în cazul primului compus a sporit de 2,92/4,44 ori iar în cazul celui de al doilea de 3,05/2,53 ori.

Variații semnificative denotă și conținutul aminoacizilor esențiali: lizina, metionina, fenilalanina și valina. Schimbările cantitative majore s-au produs, însă, pentru treonină și lizină, conținutul cărora s-a majorat de circa 2,94-2,99 ori în varianta experimentală cu administrarea $K_2[Cr(NTA)(C_2O_4)(H_2O)] \cdot 2H_2O$.

Astfel, modificările survenite în spectrul aminoacizilor proteinei sumare izolate din biomasa de spirulină produsă la cultivare în prezența unor compuși coordinați ai Cr(III) sunt probabil, rezultatul căilor și interrelațiilor metabolice destul de complexe ale acestor principii bioactive - parte a structurii catenelor polipeptidice, importante pentru procesul de stocare a ionilor de metal. Creșterea ponderii unor aminoacizi, în special a glicinei, acidului glutamic și cisteinei/acidului cisteinic care fac parte din structura unor peptide nonribozomale și dotate cu rol de agenți de chelatare a ionilor metalelor,

în unele cazuri, chiar foarte apreciabil, poate fi explicat și prin răspunsul metabolic intracelular al spirulinei față de doza mai mare (30mg/l) față de cea „fiziologic” optimă pentru creșterea și dezvoltarea ei a compușilor chimici ai Cr(III). Pe de altă parte nu ar fi trebuit exclus nici rolul ligandului care prin disociere, poate servi donor de grupări funcționale pentru biosinteza și acumularea celor mai variate structuri metabolice, inclusiv cele ce conțin aminoacizi.

Studiul comparativ al spectrului polipeptidic al proteinei sumare din biomasa de spirulină, cultivată în prezența compușilor coordinați ai Cr(III) și supuse SDS-electroforezei în gel de poli-acrilamidă de 15% a permis evidențierea unor noi benzi cu masele moleculare aparente de 60,4 kDa și de 66,7 kDa (Fig.1).

Tabelul 1. Spectrul aminoacizilor (mg/100mg) proteinei sumare din biomasa de spirulină cultivată în prezența unor compuși coordinați ai Cr(III)

Aminoacidul	Martor*	$K_2[Cr(NTA)(C_2O_4)(H_2O)] \cdot 2H_2O$ (varianta experimentală I)	$[K_2Cr_2(SO_4)_4] \cdot 12H_2O$ (varianta experimentală II)
Non esențiali			
Acidul cisteinic	0,1045	0,2616	0,4644
Acidul aspartic	4,108	5,7492	4,4161
Serina	2,7197	7,7578	6,4346
Acidul glutamic	7,5095	25,4852	20,4791
Prolina	1,713	2,0569	2,4547
Glicina	2,5887	8,4304	8,4081
Alanina	4,0214	4,0113	5,4515
Cisteina	0,6606	2,0162	1,9279
Tirozina	1,4579	1,1798	3,624
Histidina	0,7822	0,7176	1,5861
Arginina	3,026	2,51	3,974
∑ aminoacizilor non esențiali	28,6915	60,176	59,2205
esențiali			
Izoleucina	3,0763	3,4056	4,0547
Leucina	5,2098	5,5239	5,6438
Lizina	1,7674	5,2807	2,7758
Metionina	0,9100	1,9452	1,7998
Fenilalanina	2,5277	4,4094	2,86
Treonina	2,4215	7,1299	4,9803
Valina	4,4259	2,5949	6,2938
Triptofanul	0,1	0,18	0,14
∑ aminoacizilor esențiali	19,6196	30,4696	28,5482
∑ aminoacizilor imunoactivi	28,5553	63,3549	58,5314

Sinteza peptidelor cu masă moleculară de 66,2 kDa a fost observată și în cazul cultivării cianobacteriei *Spirulina platensis* în prezența concentrațiilor înalte de ioni de Na^+ [21]. Proteinele cu mase moleculare similare fac parte din familia șaperonilor, care au rolul de reparare a proteinelor cu o conformație spațială eronată [9].

Masa moleculară aparentă de 60,7 kDa este caracteristică fitochelatin sintazei (EC 2.3.2.15), enzimă responsabilă de sinteza din glutation a fitochelatinelor (PC). Fitochelatinele sunt o clasă de peptide sintetizate posttranslațional și joacă un rol important în reglarea concentrațiilor intracelulare a metalelor esențiale la eucariote, incluzând plantele superioare, funगी și microalgele [8].

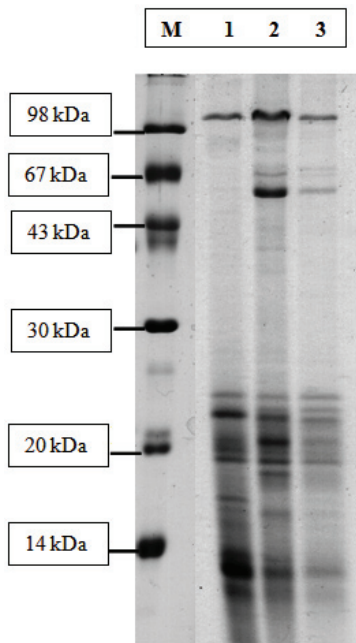


Fig 1. Electroforegrama proteinelor sumare din biomasa de spirulină.

M – marker; **1** – proteinele totale extrase din spirulină cultivată pe mediu fără suplینirea compușilor coordinativi ai Cr(III); **2** - proteinele totale extrase din biomasa de spirulină cultivată în prezența a 30mg/l de $[\text{K}_2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_4] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; **3** - proteinele totale extrase din spirulină cultivată pe mediul nutritiv suplinit cu 30mg/l de $\text{K}_2[\text{Cr}(\text{NTA})(\text{C}_2\text{O}_4)(\text{H}_2\text{O})] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Până în prezent la procariote și în special, la cianobacterii nu au fost identificate nici PC, nici gene care ar codifica PC sintaza. Totuși, în urma secvențării genomului cianobacteriei *Nostoc* sp. PCC7120, a fost stabilită prezența genei care codează o proteină similară PC sintazei – alr0975. Proteina conține un domeniu N-terminal conservat, dar nu și domeniul C-terminal variabil, specific eucariotelor. În rezultatul recombinării cu alte proteine, a fost demonstrat că proteina alr0975 este o formă primară a PC sintazelor descrise la organismele eucariote [20].

De asemenea, au fost depistate benzi similare după masa moleculară aparentă caracteristice polipeptidelor cu masele moleculare de 24,5 kDa, 22,2 kDa, 20,0 kDa și 19,1 kDa, care corespund α și β -subunităților ficocianinei și aloficocianinei [18].

Benzile cu masele moleculare aparente de 11,6 kDa corespund citocromului c550 din fotosistema II, iar cele de 11,03 kDa posibil că fac parte din familia feridoxin-reductazelor care participă la procesul de transfer al electronilor [10,12].

În ce privește polipeptidele cu mobilitate joasă, SDS-electroforeza a scos în evidență o bandă cu masa moleculară de 110 kDa, care este caracteristică proteinelor membranare (SecA și SecY) izolate din biomasa cianobacteriei *Synechococcus* PCC7942. Proteinele

de tip Sec sunt implicate la translocarea altor proteine prin membrana tilacoidală [7, 13]. Totodată, masa moleculară apropiată de 110 kDa, este caracteristică și sistemului Clp care participă la hidroliza proteinelor și peptidelor în formă agregată sau neagregată. La cianobacteria *Plectonema boryanum* a fost depstată ClpB - o proteină indusă de stres, care controlează agregarea sau denaturarea componentilor celulari, acționând ca un reglator proteolitic [5].

Așa dar, în baza analizei rezultatelor obținute se poate concluziona că, la cultivarea tulpinei cianobacteriei *Spirulina platensis* CNM-CB-02 în prezența unor compuși coordinativi ai Cr (III) se produc schimbări cantitative în spectrul aminoacizilor și în componența proteinelor sumare: se majorează conținutul de cisteină/acid cisteinic, glicină, acid glutamic, aminoacizi care fac parte din structura unor peptide nonribozomale și dotate cu rol de agenți de chelatare a ionilor metalelor, precum și se sintetizează noi polipeptide cu masa moleculară de 60,4 kDa, apropiată proteinelor din familia șaperonilor, cu rol de reparare a proteinelor cu o conformație spațială eronată, și 66,7 kDa, caracteristică fitochelatin sintazei (EC 2.3.2.15), enzimă responsabilă de sinteza din glutation a fitochelatinelor (PC).

Bibliografie

1. Azeez P., Banerjeek D. Effect of chromium on cyanobacteria and it accumulation. *Toxicol Environ Chem*, 1998, vol. 16, p. 229-240.
2. Belokobylsky A., Gintury E., Kuchava N., Kikesali E., Mosulasvili L., Frontasieva M., Pavlov S., Aksenova N. Accumulation of selenium and chromium in the growth dynamics of *Spirulina platensis*. *J Radianal Nucl Chem*, 2004, vol. 259, p. 65-68.
3. Brierley C. Bioremediation of metal-contaminated surface and ground-waters. *Geomicrobiology*, 1999, vol. 18, p.201-223.
4. Bulimaga V., Rudic V., Gulea A., Gudumac V., Dencicov L., Cordeleanu C., Ciornea V., Chihai E., Cârjev M. Perspectiva utilizării unor compuși coordinativi ai Cr(III) în biotehnologie. *Analele științifice ale Universității de Stat din Moldova, Seria „Științe chimico-biologice”*, 2003, p. 156-159;
5. Celerin M., Gilpin A., Schisler N., Ivanov A., Miskievicz E., Krol M., Laudenbach D. ClpB in a cyanobacterium: predicted structure, phylogenetic relationships, and regulation by light and temperature. *J Bacteriology*, 1998, vol. 180, no. 19, p. 5173-5182.
6. Chen H., Pan G., Yan, H., Qin Y. Toxic effects of hexavalent chromium on the growth of blue-green microalgae. *Huan Jing Ke Xue*, 2003, vol. 24, no. 2, p. 13-18.
7. Gupta R., Pereira M., Chandrasekera C., Johary V. Molecular signatures in protein sequences that are characteristic of cyanobacteria and plastid homologues International journal of systematic and evolutionary microbiology, 2003, no. 53, p. 1833-1842
8. Hirata K., Tsuji N., Miyamoto K. Biosynthetic Regulation of Phytochelatin, Heavy Metal-Binding Peptides. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 2005; 100(6):593-99.
9. Horwich A., Fenton W., Charman E., Farr G. Two families of chaperonin: physiology and mechanism. *Annu. Rev. Cell. Dev. Biol.*, 2007, no. 23, p. 115-145;
10. Hurley J., Morales R., Martinez M., Brodie T., Medina M., Gomez-Moreno C., Tolin G. Structure-function relationships in *Anabaena* ferredoxin: NADP⁺ reductase electron transfer: insights from site-directed mutagenesis, transient absorption spectroscopy and X-ray crystallography. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2002, vol. 1554, p. 5 - 21.
11. Li Z.Y., Guo S.Y., Li L. Study of the process thermodynamical isotherm and mechanism of Cr(III) uptake by *Spirulina platensis*. *J Food Eng*, 2006, vol. 75, p.129-136.
12. Minami Y., Wada, K, Matsubara H. The isolation and characterization of a cytochrome b6f complex from the cyanobacterium *Spirulina sp.* *Plant and Cell Physiology*, 1989, vol. 30, no. 1, p. 91-98.
13. Nakai M., Nohara T., Sugita D., Endo T. Identification and characterization of the sec-A protein homologue in the cyanobacterium *Synechococcus* PCC7942. *Biochem Biophys Res Commun*, 1994, no. 200(2), p. 844-851.

14. Pandi, M., Shashirekha, V., Swamy, M. Bioadsorption of chromium from retan chrome liquor by cyanobacteria. *Microbiol Res*, 2007; www.elsevier.de/micres. 9p.

15. Reva, V., Ciobanu, V., Mueller-Uri, F. Strategia și tactica izolării și purificării proteinelor. Chișinău, 2001, 186 p.

16. Rudic V., Cojocari A., Cepoi L., Chiriac T., Rudi L., Gudumac V., Macari V., Codreanu Sv., Bulimaga V, Dudnicenco T., Dencicov L, Ghelbet V., Crudu D., Miscu V., David Sv. Ficobiotehnologie - cercetări fundamentale și realizări practice. Chișinău: Elena VI SRL, 2007. 365 p.

17. Shashirekha V., Pandi M., Mahadeswara S. Bioremediation of tannery effluents and chromium containing wastes usin cyanobacterial species. *JALCA* 2005, vol.100, no.11, p. 419-426.

18. Soundarapandian P., Vasanthi B. Effects of chemical parameters on *Spirulina platensis* biomass production: optimized method for phycocyanine extraction. *International Journal of Zoological Research*, 2008, vol. 4, no.1, p. 1-11.

19. Thompson S., Manning F., Mc-Coll S. Comparisation of the toxicity of chromium III and chromium VI to cyanobacteria. *Bull Environ Contam. Toxicol*, 2002, vol. 69, p. 286-293.

20. Tsuji N., Nishikori S., Iwabe, O., Shiraki K., Miyasaka, H., Takagi M., Hirata K., Miyamoto K. Characterization of phytochelatin synthase-like protein encoded by alr0975 from a prokaryote, Nostoc sp. PCC 7120. *Biochem Biophys Res Commun*, 2004, no. 315, p. 751-755.

21. Verma K. Mohanti P. Alterations in the structure of phycobilisomes of the cyanobacterium, *Spirulina platensis* in response to enhanced Na⁺ level. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2000, vol. 16, no. 8-9, p. 795-798.

22. Зарецкая Е., Мазо В. Распределение эссенциальных микроэлементов во фракциях биомассы пищевой микроводоросли *Spirulina platensis*. *Вопр Путания*, 2004, no. 2, с. 28-31.

EFFECTELE UNDELOR MILIMETRICE DE INTENSITATE JOASĂ ASUPRA POPULAȚIEI DROJDIEI *SACCHAROMYCES CARLSBERGENSIS* CNMN-Y-15

**Usatfi Agafia, Molodoi Elena., Rotaru Anatol,
Topala Lilia, Moldoveanu Taisia**

Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al AȘM

Anterior au fost selectate tulpini de drojdii valoroase pentru producerea preparatelor cu activitate D-vitaminică, utilizate în hrana animalelor, păsărilor, în medicină, cosmetologie. Pentru a elabora tehnologii eficiente de obținere a preparatelor vitaminice este necesar de a îmbunătăți calitățile biosintetice ale producătorului. Există un șir de procedee de intensificare a proceselor de sinteză a principiilor bioactive la microorganismele. Interes deosebit, important atât din punct de vedere teoretic cât și practic, prezintă interacțiunea obiectelor biologice cu câmpul electromagnetic milimetric exterior.

Pe parcursul ultimilor ani cercetările impactului câmpului electromagnetic asupra obiectelor biologice s-au amplificat în Germania, Italia Franța, Rusia, Ucraina [7-8]. Ca rezultat a fost creată o direcție nouă – biologia electromilimetrică. Cercetătorii au analizat factorii ce influențează interacțiunea obiectelor biologice cu câmpul electromagnetic milimetric, au elucidat unele legități în procesul interacțiunii undelor electromagnetice cu obiectele biologice [2, 8].

Actualmente, cercetările experimentale au dovedit că undele electromagnetice coerente pot acționa practic asupra majorității tipurilor de celule: nervoase, musculare,