

Ministerul Educației și Cercetării  
Institutul de Microbiologie și Biotehnologie



**Liliana Cepoi**

**Stresul oxidativ și efectele lui asupra  
cianobacteriilor și microalgelor de  
interes biotehnologic**



Chișinău 2021

**Ministerul Educației și Cercetării  
Institutul de Microbiologie și Biotehnologie**

**Liliana Cepoi**

**Stresul oxidativ și efectele lui asupra  
cianobacteriilor și microalgelor de interes  
biotehnologic**

**Chișinău 2021**

CZU: 579.222:582.263

F 12

Aprobat de Consiliul științific al Institutului de Microbiologie și Biotehnologie. (Proces verbal nr. 8 din 21 decembrie 2020)

Publicarea a fost realizată cu suportul financiar din contul proiectului din cadrul Programului de Stat 20.80009.5007.05

Monografia elucidează aspectele apariției și evoluției stresului oxidativ în cadrul proceselor biotehnologice cu implicarea mai multor specii de microalge și cianobacterii de interes biotehnologic. În lucrare sunt descrise mecanismele și sursele de apariție a radicalilor liberi, care generează starea de stres oxidativ în celulele microalgelor și cianobacteriilor. De asemenea, monografia include o descriere a sistemelor de protecție antioxidantă specifice microalgelor și cianobacteriilor. Sunt arătate efectele negative ale fenomenului de supraproducere a radicalilor liberi și posibilitatea utilizării stresului în calitate de instrument biotehnologic de dirijare a componenței biochimice a biomasei cianobacteriilor și microalgelor. Sunt analizate mecanismele generale de apariție a stresului și particularitățile specifice stresului termic, de lumină, salin, precum și stresului provocat de xenobiotice, inclusiv de diferite tipuri nanoparticule. Este arătat rolul stresului oxidativ și a sistemelor celulare de protecție antioxidantă în procesele de bionanosinteză și de biofuncționalizare a nanoparticulelor cu utilizarea în calitate de matrice a microalgelor și cianobacteriilor.

Se recomandă biotehnologilor, ficologilor, studenților care își fac studiile în domeniul biologiei și biologiei aplicate.

**Autor: Liliana Cepoi**

**Recenzenți :**

**Victor Șalaru**, doctor habilitat în științe biologice, profesor universitar, USM, Facultatea de Biologie și Pedologie;

**Laurenția Ungureanu**, doctor habilitat în științe biologice, profesor cercetător, Institutul de Zoologie

**Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții**

**Cepoi, Liliana.**

Stresul oxidativ și efectele lui asupra cianobacteriilor și microalgelor de interes biotehnologic / Liliana Cepoi ; Ministerul Educației și Cercetării, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie. – Chișinău : S. n., 2021 (Artpoligraf SRL). – 260 p. : fig., tab.

Referințe bibliogr.: p. 239-260. – Apare cu suportul financiar din contul proiectului din cadrul Progr. de Stat. – 150 ex.

**ISBN 978-9975-62-444-2.**

Tipărit la Tipografia Artpoligraf SRL

## PREFAȚĂ

În condițiile epuizării resurselor naturale, schimbărilor climatice, deficitului de terenuri fertile, tehnologiile scientintensive, inclusiv biotehnologiile și în special bionanotehnologiile sunt direcțiile cele mai de perspectivă în contextul dezvoltării armonioase a țărilor mici, precum este Moldova. Producerea de microalge și cianobacterii în diferite scopuri se înscrie perfect în reorientarea majoră a economiei mondiale spre bioeconomie prietenoasă atât mediului, cât și omului. Biomasa de microalge și cianobacterii prezintă o sursă valoroasă de proteine, vitamine, microelemente, lipide și carbohidrați. Mai multe specii de microalge și cianobacterii, cum ar fi *Arthrospira platensis*, *Porphyridium cruentum*, *Dunaliella salina*, *Haematococcus pluvialis*, sunt recunoscute ca sigure pentru consumul uman și animal. Unele dintre acestea, de exemplu, *Arthrospira platensis*, cunoscută ca *spirulina*, sunt evaluate ca alimente complete din punct de vedere nutrițional, potrivite pentru îmbunătățirea valorii hranei pentru oameni și animale.

Biomasa microalgelor și cianobacteriilor este o materie primă potrivită pentru obținerea diferitor produse alimentare și farmaceutice. Spre exemplu, din microalge și cianobacterii, în cadrul unui singur flux tehnologic, se obțin proteine, pigmenți, acizi grași polinesaturați, antioxidanți de diferită natură, polizaharide sulfatate; minerale și metale fixate în moleculele organice, ceea ce oferă o valoare adăugată importantă produselor obținute. O asemenea abordare este orientată spre satisfacerea cerințelor pieței globale de produse alimentare, farmaceutice și nutraceutice într-un mod eficient și durabil din punct de vedere ecologic.

Productivitatea obiectelor ficologice o depășește esențial pe cea a plantelor de cultură, iar suprafețele utilizate pot fi reduse semnificativ. De asemenea, există numeroase instrumente biotehnologice și moleculare (utilizarea diferitor stimulatori specifici, inclusiv nanomateriale, modelarea unui set de condiții fizice ce determină răspunsuri specifice, instrumente avansate de inginerie genetică ș.a.) pentru a dezvolta biotehnologii cu o eficiență mult mai înaltă ca cele tradiționale.

Toate aceste intervenții orientate spre îmbunătățirea proprietăților biotehnologice ale microalgelor și cianobacteriilor, pe lângă efectele pozitive preconizate, pot provoca și anumite reacții adverse, primul dintre care este stresul oxidativ, generat de supraacumularea speciilor reactive ale oxigenului. Formarea de radicali liberi este un proces inevitabil și absolut necesar organismelor vii, atunci când este vorba despre radicalii primari. Aceștia joacă roluri importante în transducția de semnale, creșterea și diferențierea celulelor, realizării apoptozei ș.a. Sistemele antioxidante ale celulelor sunt adaptate la un anumit nivel al speciilor reactive și asigură o protecție eficientă și un echilibru redox perfect în condiții fiziologice normale.

Condițiile tehnologice, inclusiv cele care asigură producerea de biomasă ficologică pot fi o sursă de stres și pot provoca un dezechilibru dintre radicalii liberi și antioxidanți în biomasa cianobacteriilor și microalgelor. În aceste condiții biomasa produsă poate fi o potențială sursă de pericol, conținând de rând cu diferiți compuși valoroși, radicali liberi și produse ale degradării oxidative ale compușilor organici. Cunoașterea potențialelor pericole și managementul lor eficient este o condiție a siguranței biotehnologiilor aplicate și a produselor obținute.

## CUPRINS

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | RADICALI ȘI SPECII REACTIVE  | 6  |
| 1.1.   | Noțiuni generale despre radicali   | 6  |
| 1.2.   | Clasificarea radicalilor prezenți în sistemele vii   | 11 |
| 1.3.   | Formarea SRO în diferite compartimente ale celulei   | 18 |
| 1.3.1. | <i>Formarea SRO în mitocondrii</i>   | 21 |
| 1.3.2. | <i>Formarea radicalilor liberi în cloroplaste</i>  | 24 |
| 1.3.3. | <i>Formarea radicalilor liberi în reticulul endoplasmatic</i>  | 25 |
| 1.3.4. | <i>Formarea radicalilor liberi în peroxizomi</i>   | 28 |
| 1.3.5. | <i>Formarea radicalilor liberi în citozol</i>  | 30 |
| 1.3.6. | <i>Formarea radicalilor liberi în membrana citoplasmatică</i>  | 30 |
| 1.3.7. | <i>Formarea radicalilor în peretele celular</i>  | 31 |
| 1.3.8. | <i>Formarea radicalilor în apoplast</i>  | 31 |
| 1.3.9. | <i>Particularitățile de formare a SRO în celulele procariote fotosintetizatoare</i>  | 31 |
| 1.4.   | Metodele de studiu a radicalilor   | 33 |
| 1.4.1. | <i>Metodele directe de studiu a radicalilor liberi</i>   | 33 |
| 1.4.2. | <i>Metodele indirecte de studiu a radicalilor liberi</i>   | 36 |
| 1.5.   | Rolul biologic al SRO  | 38 |
| 2.     | PROTECȚIA ANTIOXIDANTĂ LA MICROALGE ȘI CIANOBACTERII   | 42 |
| 2.1.   | Tipurile de antioxidanți   | 44 |
| 2.2.   | Antioxidanții microalgelor și cianobacteriilor   | 49 |
| 2.2.1. | <i>Enzimele antioxidante la microalge și cianobacterii</i>   | 50 |
| 2.2.2. | <i>Componentele antioxidante macromoleculare nonenzimatice ale biomasei microalgelor și cianobacteriilor</i>               | 53 |
| 2.2.3. | <i>Componentele antioxidante cu masa moleculară joasă la microalge și cianobacterii</i>                                    | 55 |
| 3.     | ACTIVITATEA ANTIOXIDANTĂ A BIOMASEI CIANOBACTERIILOR ȘI MICROALGELOR DE IMPORTANȚĂ BIOTEHNOLOGICĂ PE DURATA CICLULUI VITAL | 61 |
| 3.1.   | Modificarea activității antioxidante a biomasei de <i>Nostoc linckia</i> pe durata ciclului vital                          | 63 |
| 3.2.   | Modificarea activității antioxidante a biomasei de <i>Spirulina platensis</i> pe durata ciclului vital                     | 71 |
| 3.3.   | Modificarea capacității antioxidante a biomasei de <i>Porphyridium cruentum</i> pe parcursul ciclului vital                | 76 |
| 3.4.   | Modificarea activității antioxidante a biomasei de <i>Haematococcus pluviialis</i> pe parcursul ciclului vital             | 82 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 4.     | STRESUL TEHNOLOGIC ȘI DE MEDIU LA CIANOBACTERIILE DE INTERES INDUSTRIAL  | 86  |
| 4.1.   | Influența stresului termic asupra tulpinii tehnologice <i>Arthrospira platensis</i> CNMN-CB-11   | 89  |
| 4.2.   | Influența stresului de lumină asupra spirulinei în condiții de laborator și de producere   | 100 |
| 4.3.   | Influența stresului salin asupra <i>Arthrospira platensis</i> și <i>Nostoc linckia</i> CNM3 în condiții de laborator                       | 113 |
| 4.4.   | Influența cuprului și a zincului asupra <i>Arthrospira platensis</i> –CNMN-CB-11 și <i>Nostoc linckia</i> CNM-CB-03                        | 124 |
| 5.     | STRESULUI OXIDATIV ÎN BIONANOTEHNOLOGIA CIANOBACTERIILOR ȘI MICROALGELOR   | 138 |
| 5.1.   | Stresul oxidativ la cianobacterii și microalge ca urmare a procesului de bionanosinteză  | 140 |
| 5.1.1. | <i>Modificarea parametrilor biomasei de Nostoc linckia pe durata biosintezei nanoparticulelor de argint</i>                                | 142 |
| 5.1.2. | <i>Modificarea parametrilor biomasei de Arthrospira platensis pe durata biosintezei nanoparticulelor de argint</i>                         | 149 |
| 5.1.3. | <i>Monitorizarea procesului de biosinteză a nanoparticulelor de argint de către biomasa de porfiridium</i>                                 | 154 |
| 5.2.   | Stresul oxidativ provocat de diferite nanoparticule cu culturile de <i>Arthrospira platensis</i> și <i>Porphyridium cruentum</i>           | 160 |
| 5.2.1. | <i>Stresul provocat de prezența nanoparticulelor CdSe, ZnSe și ZnS în cultura de spirulină</i>   | 161 |
| 5.2.2. | <i>Stresul provocat de prezența nanoparticulelor de CdSe, ZnSe și de ZnS în cultura de porfiridium</i>                                     | 173 |
| 5.2.3. | <i>Capacitatea de adaptare a spirulinei la stresul oxidativ indus combinat</i>   | 187 |
| 5.3.   | Stresul oxidativ pe durata biofuncționalizării nanoparticulelor de aur și argint de către microalge și cianobacterii                       | 209 |
| 5.3.1. | <i>Particularități a procesului de biofuncționalizare spontană a nanoparticulelor de argint și aur în biomasa de Arthrospira platensis</i> | 210 |
| 5.3.2. | <i>Particularități a procesului de biofuncționalizare spontană a nanoparticulelor de argint și aur în biomasa de Prphyridium cruentum</i>  | 225 |
|        | ÎNCHEIERE  | 238 |
|        | REFERINȚE BIBLIOGRAFICE  | 239 |