

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați  
Școala doctorală de Științe Fundamentale și Inginerești



**TEZĂ DE DOCTORAT**  
**REZUMAT**  
**ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI**  
**NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII**  
**DE HIDROCARBURI AROMATICE**  
**POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE**  
**ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A**  
**MĂRII NEGRE**

Doctorand,  
Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

Conducător științific,  
Prof.dr.ing Elisabeta BOTEZ

Seria I.7: INGINERIA PRODUSELOR ALIMENTARE Nr.14

GALAȚI

2021

**Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați**  
**Școala doctorală de Științe Fundamentale și Inginerești**



# **TEZĂ DE DOCTORAT**

## **REZUMAT**

**ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE  
HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE  
ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE**

**Doctorand,**  
**Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)**

**Președinte**

Prof.dr.ing Gabriela Elena BHRIM  
Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați

**Conducător științific**

Prof.dr.ing Elisabeta BOTEZ  
Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați

**Referenți științifici**

Prof.dr.chim.habil. Rodica-Mihaela DINICĂ  
Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați

CS gr.I dr. Valentina COATU  
INCDM "Grigore Antipa", Constanța

Conf.dr.habil. Aliona GHENDOV-MOȘANU  
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Moldova

**Seria I.7: INGINERIA PRODUSELOR ALIMENTARE Nr.14**

**GALAȚI**

**2021**

Seriile tezelor de doctorat susținute public în UDJG începând cu 1 octombrie 2013 sunt:

Domeniul fundamental ȘTIINȚE INGINEREȘTI

- Seria I 1: **Biotehnologii**
- Seria I 2: **Calculatoare și tehnologia informației**
- Seria I 3: **Inginerie electrică**
- Seria I 4: **Inginerie industrială**
- Seria I 5: **Ingineria materialelor**
- Seria I 6: **Inginerie mecanică**
- Seria I 7: **Ingineria produselor alimentare**
- Seria I 8: **Ingineria sistemelor**
- Seria I 9: **Inginerie și management în agicultură și dezvoltare rurală**

Domeniul fundamental ȘTIINȚE SOCIALE

- Seria E 1: **Economie**
- Seria E 2: **Management**
- Seria SSEF: **Știința sportului și educației fizice**

Domeniul fundamental ȘTIINȚE UMANISTE ȘI ARTE

- Seria U 1: **Filologie- Engleză**
- Seria U 2: **Filologie- Română**
- Seria U 3: **Istorie**
- Seria U 4: **Filologie - Franceză**

Domeniul fundamental MATEMATICĂ ȘI ȘTIINȚE ALE NATURII

- Seria C: **Chimie**

Domeniul fundamental ȘTIINȚE BIOLOGICE ȘI BIOMEDICALE

- Seria M: **Medicină**

## CUPRINS

	Rezumat	Teză
INTRODUCERE.....	5	5
1.EVALUAREA CONȚINUTULUI DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE MARINE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE .....	9	14
1.1.Aspecte generale.....	9	14
1.2.Obiectivele capitolului 1.....	9	15
2.SPECIILE DE MOLUȘTE ANALIZATE.....	9	16
2.1. BIOLOGIA MOLUȘTELOR ANALIZATE.....	9	16
A.Caracterizarea morfologică a moluștelor .....	9	16
B.Specii de moluște analizate .....	10	16
Rapana ( <i>Rapana venosa</i> ).....	10	16
Midia ( <i>Mytilus galloprovincialis</i> ).....	10	17
2.2.BIOLOGIA SPECIILOR DE PEȘTE ANALIZATE.....	10	18
A.Caracterizarea morfologică a speciilor de pește.....	10	18
B.Speciile de pește analizate.....	10	19
Hamsie ( <i>Engraulis encrasicolus</i> ).....	10	19
Șprot ( <i>Sprattus sprattus</i> ).....	10	20
Stavridul ( <i>Trachurus mediterraneus ponticus</i> ).....	11	21
Guvidul de mare( <i>Neogobius cephalarges</i> ).....	11	21
3.FACTORI CARE INFLUENȚEAZĂ VALOAREA NUTRIȚIONALĂ A PEȘTILOR.....	11	23
3.1.Efectele modului de hrănire și sistemului de creștere al peștilor și moluștelor .....	11	23
3.2.Efectele temperaturii și salinității apei .....	12	24
4.MATERIALE ȘI METODE.....	12	25
4.1. Materiale utilizate la determinarea conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice din organisme marine .....	12	25
4.2. Metodă analitică de determinare a hidrocarburilor aromatice policiclice .....	12	27
4.2.1.Extracția și purificarea hidrocarburilor aromatice policiclice .....	12	28
4.3. Analiza gaz-cromatografică (GC).....	13	32
4.3.1.Identificarea și cuantificarea compușilor de interes din organismele marine proaspete .....	13	34
4.3.2.Calcularea concentrațiilor de hidrocarburi aromatice policiclice .....	14	35
4.4.Metoda analitică de determinare a conținutului de lipide .....	14	35
4.5.Metodă analitică de determinare a metalelor grele .....	14	36
4.5.1.Determinarea analitică a metalelor grele prin spectrometria de absorbție/emisie atomică .....	15	37
4.5.2. Spectrometria de absorbție atomică cu cuptor de grafit (GF- AAS).....	15	38
4.5.3. Spectrometrie de emisie atomică cu plasmă cuplată inductiv (ICP/AES).....	15	40
5.REZULTATE ȘI DISCUȚII.....	15	41

5.1.Rezultate și discuții privind conținutul de hidrocarburi aromatice policiclice din organismele marine proaspete investigate .....	15	41
5.2. Rezultate și discuții privind conținutul de lipide din organismele marine proaspete investigate .....	20	54
5.3.Rezultate și discuții privind conținutul de metale grele din organismele marine proaspete investigate.....	20	56
CONCLUZII PARȚIALE.....	24	60
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE.....	...	61
6. ASSESSEMENT OF POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAH) CONTENT AS AN EFFECT OF THE APPLICATION OF SOME PREPARATION TECHNIQUES ON MARINE ORGANISMS.....	25	67
6.1. Aspecte generale.....	25	67
6.2. Obiectivele capitolului 2.....	25	68
7.Considerații teoretice privind impactul procesului de preparare asupra calității peștelui și produselor pescărești.....	25	69
7.1. Tehnici de prelucrare termică.....	25	69
7.2.Efectele tehnicilor de prelucrare termică asupra calității nutritive al peștelui.....	25	69
7.3.Efectele tehnicilor de prelucrare termică asupra compoziției aminoacizilor peștelui.....	26	70
7.4.Impactul conținutului de contaminanți organici din pește ca urmare a aplicării unor tehnici de prelucrare termică.....	26	71
8. MATERIALE ȘI METODE.....	26	72
8.1. Materiale utilizate la determinarea conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice din organisme marine preparate.....	26	72
8.2.Aplicarea unor tehnici de preparare asupra organismelor marine analizate.....	27	74
8.3. Extracția și purificarea hidrocarburilor aromatice policiclice.....	27	75
8.4. Analiza gaz-cromatografică (GC).....	27	76
8.4.1.Identificarea și cuantificarea compușilor de interes din organismele marine preparate termic.....	27	76
8.4.2.Calcularea concentrațiilor de hidrocarburi aromatice policiclice.....	28	77
8.5.Metoda analitică de determinare a conținutului de lipide din organismele marine preparate.....	28	78
9. Rezultate și discuții privind conținutul de hidrocarburi aromatice policiclice din organismele marine preparate investigate.....	28	78
9.1.Analiza comparativă a conținutului total și compușilor individuali din organismele proaspete și preparate.....	28	78
9.2.Rezultate și discuții privind conținutul de lipide din organismele marine preparate prin fierbere și prăjire.....	36	97
CONCLUZII PARȚIALE.....	39	101
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE.....	...	103
10. ANALIZA RISCURILOR ȘI BENEFICIILOR ASUPRA SĂNĂȚII UMANE CA URMARE A CONSUMULUI DE ORGANISME MARINE.....	40	106
10.1.Aspecte generale.....	40	106
10.2. Obiectivele capitolului 3.....	40	106

<b>11.CONSIDERAȚII TEORETICE PRIVIND VALOAREA NUTRIȚIONALĂ A PEȘTELOR .....</b>	<b>40</b>	<b>108</b>
<b>11.1. Generalități privind valoarea nutritivă a peștelui și produselor pescărești .....</b>	<b>40</b>	<b>108</b>
<b>11.2.Influența acizilor grași polinesaturați Omega-3 din pește asupra sănătății umane.....</b>	<b>40</b>	<b>108</b>
<b>11.3. Importanța proteinelor din pește pentru sănătatea umană.....</b>	<b>41</b>	<b>109</b>
<b>11.4. Importanța vitaminei D, seleniului, calciului și fosforului din pește pentru sănătatea umană.....</b>	<b>41</b>	<b>110</b>
<b>12.CONSIDERAȚII TEORETICE PRIVIND BENEFICIILE ȘI RISCURILE ASUPRA SĂNĂȚĂII UMANE CA URMARE A CONSUMULUI DE PEȘTE.....</b>	<b>42</b>	<b>112</b>
<b>12.1. Beneficii pentru sănătate generate de consumul de moluște....</b>	<b>42</b>	<b>112</b>
<b>12.2. Beneficii pentru sănătate generate de consumul de pește.....</b>	<b>42</b>	<b>113</b>
<b>12.3.Riscurile pentru sănătate generate de consumul de pește și moluște.....</b>	<b>42</b>	<b>115</b>
<b>12.3.1. Consumul de pește și bolile de inimă.....</b>	<b>42</b>	<b>115</b>
<b>12.3.2. Consumul de pește, afecțiunile neuropsihologice și cataractă.....</b>	<b>43</b>	<b>116</b>
<b>12.3.3. Consumul de pește și cancerul.....</b>	<b>43</b>	<b>116</b>
<b>13.MATERIALE ȘI METODE.....</b>	<b>43</b>	<b>117</b>
<b>13.1. Evaluarea riscurilor potențial toxice și cancerigene asupra sănătății umane ca urmare a consumului de pește și produselor pescărești.....</b>	<b>43</b>	<b>117</b>
<b>13.1.1.Calcularea coeficientului de risc.....</b>	<b>45</b>	<b>122</b>
<b>13.1.2. Dozele recomandate privind consumul de pește.....</b>	<b>45</b>	<b>123</b>
<b>14.REZULTATE ȘI DISCUȚII.....</b>	<b>46</b>	<b>123</b>
<b>14.1.Incidența hidrocarburilor aromatice policiclice în pește și produse pescărești.....</b>	<b>46</b>	<b>123</b>
<b>CONCLUZII PARȚIALE.....</b>	<b>51</b>	<b>130</b>
<b>REFERINȚE BIBLIOGRAFICE.....</b>	<b>...</b>	<b>131</b>
<b>CONCLUZII GENERALE.....</b>	<b>52</b>	<b>136</b>
<b>CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI PERSPECTIVE DE CONTINUARE A CERCETĂRILOR.....</b>	<b>54</b>	<b>138</b>
<b>DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRII.....</b>	<b>55</b>	<b>139</b>

## INTRODUCERE

Monitorizarea mediului marin prezintă o importanță deosebită pentru asigurarea securității și siguranței alimentare. Acest lucru este valabil în special atunci când vine vorba de pește și produse pescărești, deoarece acestea sunt, fără îndoială, parte integrantă din orice regim alimentar sănătos (*Kissao și al., 2011*). Organismele marine sunt capabile să acumuleze cantități mari de poluanți organici în țesuturile lor, însă, această acumulare diferă în funcție de specie și poate fi transferată în lanțul alimentar, depășind uneori pragurile acceptate pentru consumul uman (*Chang-Liang Ke et al., 2017*).

Activitățile industriale și urbane în zonele de coastă sunt principalele surse de poluanți anorganici și organici din mediul marin. Printre poluanții organici ce se regăsesc în mediul marin o importanță deosebită o prezintă hidrocarburile aromatice policiclice (HAP). Hidrocarburile aromatice policiclice reprezintă un grup de câteva sute de compuși organici care sunt formați din două sau mai multe inele aromatice condensate într-un aranjament liniar, unghiular sau grupat și, așa cum este indicat în numele lor, conțin doar carbon și hidrogen (*E.O. Nwaichia et al., 2016*).

Potențialul carcinogenic al hidrocarburilor aromatice policiclice este, în general, asociat cu structura și complexitatea moleculei, astfel că, un compus mai complex are un potențial cancerigen mai mare. Cu toate acestea, datorită faptului că hidrocarburile aromatice policiclice sunt adesea găsite în amestecuri complexe, carcinogenitatea hidrocarburilor individuale este adesea dificil de precizat (*S.Yurchenko și al., 2005*). Hidrocarburile aromatice policiclice pot proveni din surse antropice sau naturale. Principalele surse antropice de hidrocarburi aromatice policiclice includ instalațiile de lichefiere a cărbunelui, generarea negrului de fum, formarea smoalei din gudronul de cărbune, procesul de fabricare a asfaltului, procesul de cracare catalitică și desfășurarea activităților conexe în rafinăriile de petrol, precum și evacuarea gazelor provenite de la autovehicule. Eliberarea hidrocarburilor aromatice policiclice în mediul înconjurător se realizează prin arderea incompletă a materialelor care conțin carbon (cărbune, petrol, lemn), prin scurgerile directe de țitei sau produse petroliere rafinate, prin eroziunea materialelor contaminate cu țitei în mediul acvatic (*Hussein I. și al., 2016*). Pe lângă sursele antropice, este cunoscută formarea naturală a acestora, fiind cunoscut faptul că perilenul poate fi generat prin diageneza în condiții anaerobe și că naftalina, fenantrenul și perilenul pot fi produse în mod natural ca urmare a unei activități biologice intense (*Amos-Tautua și al., 2013*).

Expunerea pe termen lung chiar și la doze mici de contaminanți organici poate avea efecte ce perturbă sistemul endocrin atât la animale, cât și la oameni. Deși există diferite căi de expunere la această clasă de compuși organici, s-a stabilit că hrana reprezintă mai mult de 90% din expunerea umană totală (*Husam Alomirah et al., 2011*). Conform studiilor efectuate asupra expunerii oamenilor din diferite țări la poluanți organici prin consumul de alimente procesate, s-a observat că aporturile alimentare variază considerabil între țări, acestea fiind influențate în

# ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

principal de obiceiurile alimentare specifice din fiecare țară (Lochan Singh et al., 2016). Consumul anumitor alimente de origine animală a fost asociat cu incidența crescută a diferitelor tipuri de cancer, în special cancerul colorectal și cel al esofagului. Oricum nu există foarte multe studii care să evalueze riscul potențial cancerigen al cărnii în raport cu expunerea populației la acest risc ca urmare a consumului ridicat de carne (Ángel Rodríguez Hernández et Luis D. Boada, 2015). Procesul de gătire îmbunătățește calitatea produselor alimentare din punct de vedere microbiologic, prin inactivarea microorganismelor patogene și îmbunătățește digestibilitatea și biodisponibilitatea substanțelor nutritive în tractul digestiv (A. Malik et al., 2008).

Peștele se prepară sub diferite forme: fierbere, prăjire, coacere, marinare, sărare, afumare. Cele mai răspândite metode de preparare a cărnii este fierberea și prăjirea. Fierberea este o metodă foarte populară de gătire, care implică scufundarea alimentelor în apă, fiind de asemenea, o metodă dietetică de gătire. În timpul procesului de fierbere, vitaminele de tip B, care ajută organismul să utilizeze carbohidrații, proteinele, grăsimile și mineralele, sunt eliberate în lichidul din jurul alimentelor. Până la 60% din vitaminele B și 50% din vitamina C sunt pierdute în timpul fierberii. Prăjirea este una dintre cele mai vechi metode de preparare a alimentelor. Prin prăjire este îmbunătățită calitatea senzorială a acestora prin formarea compușilor de aromă, culori atractive, cruste și textură. Pentru punctul final de preparare sau timpul de gătire, respectiv prăjire, sunt esențiale o serie de elemente precum: gradul de rumenire, formarea crustei, a compușilor de aroma și un anumit grad "interior" de gătire, reflectat prin culoare, gust și textura a produselor (Albert CM et al, 2005).

Datorită conținutului nutritiv și a calității gustative, peștele este unul dintre cele mai valoroase alimente, fiind o sursă bogată de iod necesară pentru fabricarea hormonilor tiroidieni. Carnea de pește conține substanțe nutritive importante, de aceea ar trebui să constituie un aport major în alimentația zilnică a omului. De asemenea, peștele reprezintă o sursă importantă de vitamine liposolubile (A, D) și vitamine hidrosolubile din complexul B (B1, B2, B6, B12) (Barlow S, Chesson et al., 2010).

Alegerea temei de doctorat "**Aspecte științifice și nutriționale ale bioacumulării de hidrocarburi aromatice policiclice (HAP) în organismele acvatice din zona de coastă a Mării Negre**" s-a bazat pe două motive. Primul motiv este faptul că acești compuși lipofili, persistenți clasificați potențial compuși cancerigeni/mutageni au un impact negativ asupra mediului marin și implicit a organismelor marine. Cel de-al doilea motiv îl reprezintă evaluarea riscurilor la care este supus consumatorul final (omul) ca urmare a consumului excesiv de pește și produse pescărești.

Teza de doctorat intitulată "**Aspecte științifice și nutriționale ale bioacumulării de hidrocarburi aromatice policiclice (HAP) în organismele acvatice din zona de coastă a Mării Negre**" a urmărit evaluarea comparativă a conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice (HAP) în organismele marine din zona de coastă a Mării Negre aflate în stare proaspătă cu acumularea acestor compuși ca efect al aplicării unor tehnici de preparare în scopul analizei beneficiilor și riscurilor asupra sănătății umane ca urmare a consumului de pește și produse pescărești. În acest context, tema tezei de doctorat prezintă importanță pentru industria alimentară.



# ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

Principalele **obiective științifice** al acestui studiu de cercetare realizat pe parcursul derulării școlii doctorale au fost:

- Evaluarea conținutului de hidrocarburi poliaromatice și metale grele în organisme marine de interes comercial (pești: hamsie, șprot, stavrid, guvid; moluște: rapana și midie) din zona de coastă a Mării Negre;
  - extracția și purificarea hidrocarburilor aromatice policiclice din organisme marine proaspete;
  - analiza nivelului de hidrocarburi aromatice policiclice în raport cu limitele maxim admise de legislația în vigoare;
  - determinarea conținutului de metale grele din organismele marine aflate în stare proaspătă;
  - identificarea și cuantificarea compușilor de interes în specii pelagice și bentale de interes comercial din zona de coastă a Mării Negre;
- Studiul acumulării hidrocarburilor aromatice policiclice (HAP) ca efect al aplicării unor tehnici de preparare.
  - identificarea și cuantificarea compușilor de interes în organismele marine;
  - determinarea conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice din țesuturile organismelor marine preparate;
  - evaluarea efectelor diferitelor metode de preparare asupra calității peștelui și moluștelor prin analiza conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice din țesutul proaspăt comparativ cu cel procesat;
- Analiza riscurilor și beneficiilor asupra sănătății umane prin monitorizarea consumului de organisme marine.
  - cercetări privind riscurile și beneficiile asupra sănătății umane ca urmare a consumului de pește;
  - evaluarea riscurilor potențial toxice și cancerigene asociate cu expunerea la concentrații ridicate de hidrocarburi aromatice policiclice prin consumul excesiv de pește și produse pescărești;
  - prezentarea efectelor ca urmare a expunerii la contaminanți potențiali toxici și cancerigeni prin consumul de pește.

Teza de doctorat cuprinde **3 capitole**. Fiecare capitol conține atât studiul literaturii de specialitate cât și aportul contribuțiilor originale.

**Capitolul 1**, intitulat ***Evaluarea conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice (HAP) în organismele acvatice din zona de coastă a Mării Negre*** prezintă date referitoare la biologia și morfologia speciilor de pește și moluște analizate în vederea evaluării conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice și metale grele. În plus, în cadrul acestui capitol este descris întreg procesul de analiză (liofilizare, extracție și purificare, analiza gas-cromatografică, calcularea concentrațiilor de hidrocarburi aromatice policiclice) a conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice din diferite specii de pește și moluște aflate în stare proaspătă.

**În capitolul 2**, intitulat ***Studiu privind bioacumularea de hidrocarburi aromatice policiclice (HAP) ca efect al aplicării unor tehnici de conservare a organismelor acvatice***

# ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

este prezentată evaluarea conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice (HAP) în organismele marine din zona de coastă a Mării Negre, ca urmare a aplicării unor tehnici de preparare (fierbere și prăjire) și analiza comparativă a speciilor aflate în stare proaspătă cu cele preparate termic.

În capitolul 3, intitulat *Analiza riscurilor și beneficiilor asupra sănătății umane prin consumul de organisme acvatice* sunt prezentate beneficiile și riscurile asociate consumului de pește și moluște, date experimentale cu privire la analiza riscurilor și beneficiilor asupra sănătății umane ca urmare a consumului de organisme marine. Specimenele marine sunt indicatori fiabili ai bioacumulării hidrocarburilor aromatice policiclice din mediu și au fost folosite pentru a estima riscurile expunerii umane la contaminanți.

Fiecare capitol al studiului experimental cuprinde următoarele subcapitole: *Introducere*, *Obiectivele studiului realizat*; *Materiale și metode*, *Rezultate și discuții*, *Concluzii parțiale și Referințe bibliografice*.

**Capitolul 4, Concluzii generale**, prezintă principalele concluzii rezultate în urma experimentelor realizate. Teza de doctorat cuprinde 150 pagini, în care sunt incluse 59 figuri și 33 tabele.

Spre finalul lucrării se regăsesc contribuțiile originale ale tezei de doctorat și diseminarea rezultatelor obținute în domeniul de cercetare abordat. Prin urmare, rezultatele cercetărilor au fost valorificate prin elaborarea a 6 articole științifice publicate sau în curs de publicare, 3 articole în reviste cotate ISI (Journal of Environmental Protection and Ecology, Revista de chimie, Polycyclic Aromatic Compounds Journal), 1 articol publicat în revistă cotate BDI (Cercetări Marine), 1 articol publicat în revistă necotate și 1 articol publicat în volume de conferință (GLOREP Conference Proceedings). În plus, rezultatele cercetării au fost prezentate în cadrul a 10 conferințe internaționale și naționale.

Experimentele din cadrul tezei de doctorat au fost realizate în cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare Marină "Grigore Antipa" ([www.rmri.ro](http://www.rmri.ro)), din Constanța.

Teza s-a realizat sub coordonarea științifică a comisiei de îndrumare cu următoarea componență:

- Prof. dr. ing. Elisabeta BOTEZ – conducător de doctorat
- CS I dr Valentina Coatu
- Prof. dr. ing. Nicoleta STĂNCIUC
- Prof. dr. chim. Rodica DINICĂ

## **1. EVALUAREA CONȚINUTULUI DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE MARINE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE**

### **1.1. Aspecte generale**

Peștele și moluștele de apă marină, crescute în mediul natural sau din acvacultură, au reprezentat o parte importantă a dietei umane de mult timp și reprezintă în prezent 16,7% din totalul proteinelor consumate de populația globului (*Rosalee S. Hellberg et al., 2012*). Peștele este un furnizor important de substanțe nutritive de înaltă calitate, cum ar fi acizii grași Omega 3, care contribuie la reducerea riscului de producere a accidentului vascular cerebral.

De asemenea, are rol în reglarea tensiunii arteriale și îmbunătățește integritatea arterială și chiar scade riscurile apariției anumitor tipuri de cancer (*Ángel Rodríguez-Hernández et al., 2016*).

### **1.2. Obiectivele capitolului 1**

**Obiectivul principal** al studiului a constat în evaluarea conținutului de hidrocarburi poliaromatice și metale grele în organisme marine de interes comercial (pești: hamsie, șprot, stavrid, guvid; moluște: rapana și midie) din zona de coastă a Mării Negre.

**Obiectivele secundare** ale studiului au vizat extracția și purificarea hidrocarburilor aromatice policiclice din organisme marine proaspete, analiza nivelului de hidrocarburi aromatice policiclice în raport cu limitele maxim admise de legislația în vigoare, determinarea conținutului de metale grele din organismele marine aflate în stare proaspătă și identificarea și cuantificarea compușilor de interes în specii pelagice și bentale de interes comercial din zona de coastă a Mării Negre.

## **2. SPECIILE DE MOLUȘTE ANALIZATE**

### **2.1. BIOLOGIA MOLUȘTELOR ANALIZATE**

#### **A. Caracterizarea morfologică a moluștelor**

Moluștele sunt animale cu corpul moale, la majoritatea se disting trei regiuni: cap, piciorși masa viscerală. Capul este bine dezvoltat și distinct de restul corpului la gastropode și cefalopode. Piciorul este dezvoltat și e situat partea ventrală a corpului la majoritatea moluștelor, la cefalopode s-a transformat în brațe situate în jurul capului. Este un organ muscular ce servește la deplasare. Are forme diferite, de talpă, țărnuș. Masa viscerală, în care se găsesc majoritatea organelor, are formă de sac, fiind poziționată pe partea dorsală a piciorului (excepție fac cefalopodele) (*Elisabeth Gosling, 2015*).

## **B. Specii de moluște analizate**

### **Rapana (*Rapana venosa*)**

Face parte din regnul *Animalia*, încrengătura *Mollusca*, clasa *Gastropoda*. Este un gasteropod de talie mare, cu cochilia globuloasă, cu spiră evidentă, formată din 3-4 anfracte, care cresc încet și regulat, cu ultimul anfract foarte dezvoltat, mult dilatat ([Luu Thang Pham et al., 2019](#)). Coloritul este în general brun-roșcat, adesea cu benzi brune sau striuri colorate mai intens.

### **Midia (*Mytilus galloprovincialis*)**

Face parte din regnul *Animalia*, încrengătura *Mollusca*, clasa *Bivalva*. Este cea mai întâlnită specie de bivalvă din zonele infralitorale stâncoase ale Mării Negre, grupările de midii alcătuind o asociație caracteristică ([Nsikak U.Benson et al., 2017](#)). Cochilia este mare, echivalvă, relativ subțire dar foarte rezistentă.

## **2.2. BIOLOGIA SPECIILOR DE PEȘTE ANALIZATE**

### **A. Caracterizarea morfologică a speciilor de pește analizate**

Corpul peștilor, de cele mai multe ori, este acoperit de solzi și forma corpului este foarte variată (fusiformă, teniiformă, sagitiformă, aculeiformă, globiformă), unii pești au corpul turtit dorso-ventral, altele turtirea corpului se realizează lateral, devenind asimetric, prin emigrarea ambilor ochi pe aceeași latură a corpului ([G. Radu et al., 2008](#)).

### **B. Specii de pește analizate**

#### **Hamsia (*Engraulis encrasicolus*)**

Hamsia face parte din ordinal *Clupeiformes*, familia *Engraulidae*. Este o specie marină pelagică, gregară care realizează migrații neregulate din larg spre coastă și invers, în funcție de condițiile termice și de hrană. Se hrănește foarte intens vara, mai puțin iarna, cu fitoplancton și zooplankton, iernează în cârduri mari, departe de țărm, la adâncimea de 60-70 m, dar poate veni la suprafață ocazional ([G. Radu et al., 2008](#)).

#### **Șprotul (*Sprattus sprattus*)**

Șprotul face parte din ordinal *Clupeiformes*, familia *Clupeidae*. Corpul este alungit, comprimat lateral, iar operculul este neted, fără striuri. Ochii sunt mari, situați în centrul capului și privesc lateral. Gura este mică, protractilă, oblică în sus, ușor superioară, maxilarul superior

# ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

nu atinge marginea posterioară a ochiului. Corpul este acoperit de solzi relativi mari, subțiri, ce se lipsesc pe cap, carena ventrală are 19-22 solzi iar linia laterală este invizibilă.

## **Stavridul (*Trachurus mediterraneus ponticus*)**

Stavridul face parte din ordinal *Perciformes*, familia *Carangidae*. Prezintă două înotătoare dorsale, prima mai înaltă comparativ cu a doua și alcătuită din radii spinoase unite printr-o membrană. În fața primei dorsale, există un spin ascuns sub piele și înclinat spre înainte. Anala este precedată de doi spini groși și foarte ascuțiți, uniți printr-o membrană, separați de restul înotătoarei. Ventralele se inserează puțin în urma pectoralelor (*G. Radu et al., 2008*).

## **Guvidul de mare (*Neogobius cephalarges*)**

Guvidul de mare face parte din Ordinul *Perciformes*, familia *Gobiidae*. Corpul este alungit, gros și cilindric în partea anterioară, comprimat lateral în cea posterioară. În general, profilul dorsal urcă uniform și destul de lin de la vârful botului până în dreptul marginii posterioare a operculului. Reproducerea are loc în mare, la începutul venirea primăverii, fără însă, ca toții peștii să ajungă în același timp la maturitate sexuală.

## **3. FACTORI CARE INFLUENȚEAZĂ VALOAREA NUTRIȚIONALĂ A PEȘTELOR**

O serie de factori, precum regimul de hrănire, sistemul de creștere, modul în care se realizează procesul de producție și procesul de prelucrare influențează compoziția cărnii de pește (*Lie, 2001*). Atâta timp cât peștii din acvacultură sunt hrăniți cu hrană corespunzătoare, bogată în nutrienți necesari și în cantități suficiente, conținutul proteic din fiecare specie de pește pare să nu fie influențat de conținutul de hrană și regimul de hrănire (*Morris, 2001*). În privința peștilor sălbatici, compoziția cărnii nu poate fi controlată prin regimul de hrană, și, astfel, calitatea peștelui și a produselor derivate din pește vor fi afectate de procesul de manipulare și prelucrare (*Erikson, 2001*).

### **3.1. Efectele modului de hrănire și sistemului de creștere al peștilor și moluștelor**

În special în acvacultură, sistemul de creștere și tipul de hrană vor avea o importanță semnificativă, deoarece peștii trebuie să se hrănească cu ceea ce primesc. Acest aspect este valabil atât pentru acvacultura intensivă, cât și pentru cea de apă dulce. În acvacultura marină, în mod tradițional, este utilizat uleiul de pește în furaje pentru a oferi peștilor o proporție suficientă de acizi grași polinesaturați Omega-3 și pentru a crește pești cu o compoziție nutritivă bogată în acizi grași (*Steffens și Wirth, 2007*).

### **3.2. Efectele temperaturii și salinității apei**

Alături de sistemul de hrănire și creștere, s-a ajuns la concluzia că și alți factori precum salinitatea și temperatura apei influențează compoziția acizilor grași care se regăsesc în pește. În urma studiului recent a lui *Norambuena și colab., 2016* s-a concluzionat că temperatura apei influențează în mod clar compoziția acizilor grași. Autorii cercetării au crescut puiet de somon în acvarii la temperaturi de 10 și 20°C. După ce pești au atins gradul de maturitate, aceștia au fost analizați și s-a observat că somonul care a crescut la o temperatură de 10°C avea un conținut mai mare de acizi grași Omega-6 comparativ cu somonul care a crescut la o temperatură de 20°C. În privința salinității apei, conform *Agenției Naționale pentru Alimentație Suedia, 2017* în Marea Baltică salmatică, heringul (*Clupeus harrengus*) este mai puțin gras comparativ cu cel care se găsește în Marea sărată a Nordului.

## **4. MATERIALE ȘI METODE**

### **4.1. Materiale utilizate la determinarea conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice din organisme marine**

Analiza hidrocarburilor aromatice policiclice s-a făcut pe două tipuri de moluște (*Rapana venosa* și *Mytilus galloprovincialis*), trei specii pelagice de pește (*Sprattus sprattus*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus mediterraneus ponticus*) și o specie bentală de pește (*Neogobius cephalarges*), prelevate în perioada 2016-2018 din diferite zone de-a lungul litoralului românesc al Mării Negre.

Au fost selectate locații de prelevare specifice din zona de mică adâncime cuprinsă între Sulina și Vama Veche. După prelevare, acestea au fost depozitate în lăzi frigorifice și au fost transportate în laborator unde au fost măsurate, cântărite, spălate, eviscerate și recântărite.

### **4.2. Metodă analitică de determinare a hidrocarburilor aromatice policiclice**

Determinarea hidrocarburilor aromatice policiclice din organismele marine s-a făcut conform metodelor agreate la nivel internațional (*IAEA-MEL: Manualul de instruire pentru măsurarea organocloruratelor și a hidrocarburilor petroliere în probele de mediu, 1995*).

Etapile principale ale metodei de analiză a hidrocarburilor aromatice policiclice sunt pregătirea extractelor pentru analiza gas-cromatografică (extracția și purificarea) și analiza gas-cromatografică.

#### **4.2.1. Extracția și purificarea hidrocarburilor aromatice policiclice**

În cazul moluștelor, țesutul moale a fost îndepărtat de cochilie, iar în cazul peștilor au fost eviscerate selectându-se mușchiul dorsal care a și fost utilizat pentru analiză. Imediat după

# ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

evicerare, organismele marine au fost conservate prin congelare în vederea liofilizării folosind un liofilizator LABCONCO FreeZone 2.5. Extracția hidrocarburilor aromatice policiclice s-a făcut din aproximativ 2 g de țesut uscat, pentru această etapă folosindu-se doar solvenți de puritate gas-cromatografică.

Pentru cuantificarea recuperării globale a procedurilor analitice a fost adăugat în probe standardul intern, respectiv 910 dihidroantracen. Probele au fost extrase cu un extractor Soxhlet timp de 8 ore cu 250 ml de metanol.

Extractele au fost apoi saponificate prin adăugarea a 20 ml de KOH 0,7 M și 30 ml de apă și refluxate timp de 2 ore. Amestecul rezultat a fost transferat într-o pâlnie de separare și extras de 3 ori cu hexan (o dată cu 90 ml, de două ori cu 50 ml). Apoi extractele au fost combinate, filtrate prin vată de sticlă și uscate cu sulfat de sodiu anhidru.

Extractele au fost concentrate cu ajutorul unui rotoevaporator LABOROTA 4001 până la 15 ml (*IAEA-MEL: Manualul de instruire pentru măsurarea organocloruratelor și a hidrocarburilor petroliere în probele de mediu, 1995*).

Purificarea extractului a fost făcută prin fracționare pe coloană de silicagel și alumina. Silicagelul și alumina au fost activate la 200°C timp de 4 ore și parțial dezactivate cu apă 5%. Eluția a fost realizată în trei etape. Cele trei fracții (F1, F2, F3) au fost combinate într-o singură fracție și concentrate pe baie de apă până la 15 ml și apoi până la aproximativ 1 ml la flux de azot cu ajutorul unui concentrator pe bază de azot. Probele concentrate au fost adăugate în final în vialuri (accesorii pentru autosampler) în vederea analizei gas-cromatografice.

Extractele astfel obținute au fost analizate calitativ și cantitativ cu un gas-cromatograf Perkin Elmer Clarus 500 cuplat cu spectrometru de masă (GC-MS).

## 4.3. Analiza gaz-cromatografică (GC)

**Condițiile gas-cromatografice au fost:** coloană capilară Elite 35 MS, fază staționară: dimetilpolisiloxan (35% difenil), lungime 30 m, diametru interior 0,32 mm, grosimea filmului 0,25 mm; gaz purtător - heliu, viteză - 1 cm<sup>3</sup>/min, debit divizat 15 cm<sup>3</sup>/min, volum probe - 2μl, temperatura injectorului - 300°C, program temperatură –temperatura inițială 100°C, viteza de încălzire - 6°C/1 minut, prima izotermă - 250°C timp de 0 min, viteza de încălzire- 10°C\* 10min, izotermă secundară - 330°C\*10 min, temperatura interfeței-330°C, temperatura sursei - 270°C, metoda de analiză, single ion r. (SIR)(*IAEA-MEL: Manualul de instruire pentru măsurarea organocloruratelor și a hidrocarburilor petroliere în probele de mediu, 1995*).

### 4.3.1. Identificarea și cuantificarea compușilor de interes din organismele marine proaspete

Hidrocarburile aromatice policiclice au fost identificate pe baza timpilor de retenție și a ionilor caracteristici.



#### **4.3.2. Calcularea concentrațiilor de hidrocarburi aromatice policiclice**

Pentru calcularea concentrațiilor de hidrocarburi aromatice policiclice se va ține cont de factorul de recuperare—R(1), de aria probei, de aria standardului, de concentrația standardului adăugată în probă, de volumul extractului și de masa de țesut luată în lucru (2) (IAEA-MEL: *Manualul de instruire pentru măsurarea organocloruratelor și a hidrocarburilor petroliere în probele de mediu, 1995*).

$$R\% = \frac{(\text{volum extract} \times \text{aria standard})}{2} \quad (1)$$

$$C_{HAP}(\mu\text{g}/\text{kg}) = \frac{\text{Aria probei}}{\text{Aria standard}} \times \text{concentrația standard (ppm)} \times \frac{\text{Volum extract}}{\text{Masă țesut}} \times 1000 \quad (2)$$

#### **4.4. Metoda analitică de determinare a conținutului de lipide**

Determinarea conținutului de lipide s-a făcut cu aproximativ 2g de țesut uscat. Extracția lipidelor din probele de biotă a fost făcută cu 30 ml solvent (1:1 hexan/acetona) în sistemul de extracție cu microunde *MILESTONE START E* timp de 50 minute. Extractele obținute au fost lăsate să se răcească și apoi au fost filtrate prin hârtie de filtru, obținându-se filtrate clare, cărora li s-a măsurat volumul. Din fiecare filtrat obținut s-a adăugat 250 μL în tăvițe din aluminiu (care au fost cântărite în prealabil) și care au fost așezate pe o plită încinsă la 100 °C până la evaporarea completă și apoi au fost cântărite.

Pentru calcularea conținutului de lipide (3) se va ține cont de masa de țesut uscat luat în lucru (m), de volumul de extract total măsurat (V) și volumul luat în lucru (v).

$$\text{Cantitatea de lipide} = \frac{m(\text{mg}) \times V(\text{ml})}{v(\text{ml})} \quad (3)$$

#### **4.5. Metodă analitică de determinare a metalelor grele**

Metodele de prelevare, conservare, prelucrare preliminară și analiză au fost conforme metodelor de referință recomandate în studiul poluării marine (UNEP, 1993).

În vederea determinării metalelor grele, probele biologice au fost omogenizate, cântărite și supuse digestiei cu 5 mL acid azotic (HNO<sub>3</sub> 65%, Suprapur, Merck), în vase etanșe de Teflon (60 mL, Savillex), pe plită electrică la 120°C. La terminarea mineralizării, probele au fost aduse la volum 100 ml cu apa deionizată (18,2 MΩ.cm, Millipore) și au pregătite pentru analiza spectrometrică de absorbție atomică cu cuptor de grafit (GF-AAS).



#### **4.5.1. Determinarea analitică a metalelor grele prin spectrometria de absorbție/emisie atomică**

În soluțiile obținute după digestia probelor de organisme, metalele au fost analizate utilizând spectrometre cu absorbție atomică cu cuptor de grafit, de tip ATI-UNICAM 939Z și SOLAAR M6 Dual Thermo Electron-UNICAM.

#### **4.5.2. Spectrometria de absorbție atomică cu cuptor de grafit (GF-AAS)**

Metoda absorbției atomice este cantitativă și relativă, în sensul că necesită efectuarea unei etalonări prealabile. S-au folosit soluții standard stoc în concentrație de  $1000 \pm 2$  mg/l element, disponibile comercial (Merck). Din acestea s-au preparat, prin diluții succesive, soluții standard stoc intermediare (5000 ng/ml) și soluții standard de lucru (concentrația cea mai mare de pe curbă, top standard). În funcție de domeniul de lucru al fiecărui element (linearitatea curbei de etalonare), acestea au avut concentrații de 10 ng/ml (Cd), 25 ng/ml (Pb), 50 ng/ml (Ni, Cu) sau 100 ng/ml (Cr). La soluțiile standard de lucru se adaugă și 5 ml acid azotic, pentru a avea aceeași matrice ca probele în urma prelucrării preliminare. Soluțiile astfel preparate sunt stabile câteva zile la  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . (UNEP, 1993).

Tehnica GF AAS are avantajul că este foarte selectivă, permite determinarea cantitativă a elementelor prezente la nivel de urme (limite de detecție de 0,010  $\mu\text{g/l}$  Cd; 0,25  $\mu\text{g/l}$  Cr; 0,065  $\mu\text{g/l}$  Cu; 0,03  $\mu\text{g/l}$  Pb; 0,03  $\mu\text{g/l}$  Mn; 0,065  $\mu\text{g/l}$  Ni), este relativ simplă și bine documentată. Este important să se țină cont de faptul că nivelurile de concentrație determinate trebuie să se încadreze în domeniul de linearitate Lambert-Beer.

#### **4.5.3. Spectrometrie de emisie atomică cu plasmă cuplată inductiv (ICP/AES)**

Spectrometria de emisie este o metodă de analiză fizico-chimică bazată pe studiul spectrului de linii emis de atomi aflați la temperaturi ridicate. Proba este introdusă într-o sursă ce asigură excitarea termică sau electrică a atomilor, apoi spectrul de linii emis este analizat cu ajutorul monocromatoarelor de înaltă rezoluție. Intensitatea liniilor spectrale este măsurată direct cu ajutorul fotomultiplicatoarelor (UNEP, 1993).

### **5. REZULTATE ȘI DISCUȚII**

#### **5.1. Rezultate și discuții privind conținutul de hidrocarburi aromatice policiclice din organismele marine proaspete investigate**

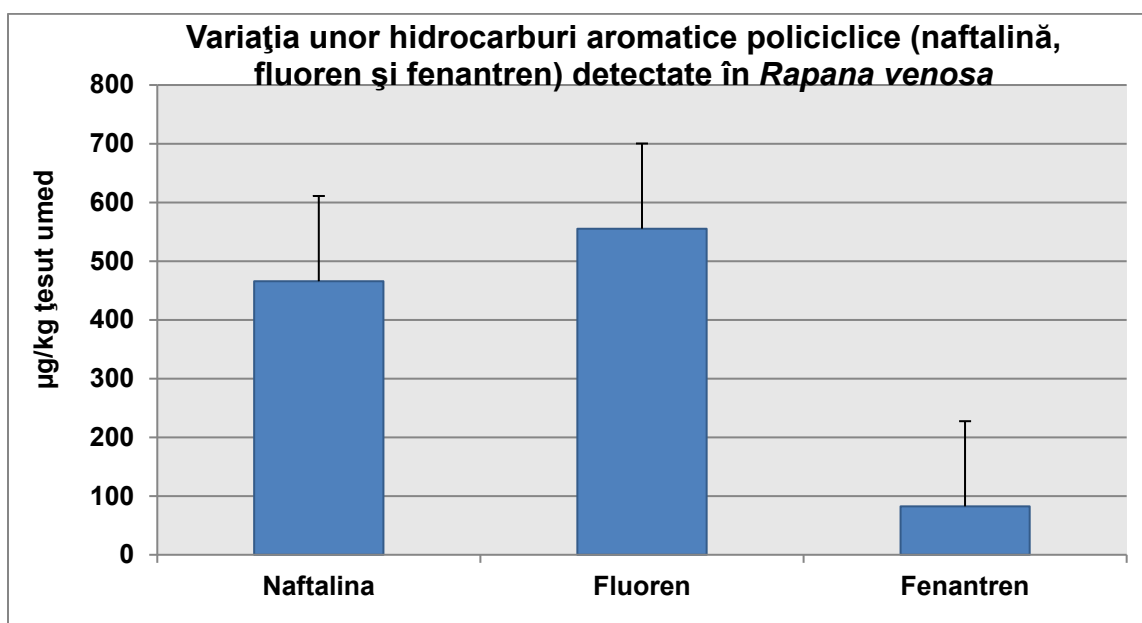
Analiza hidrocarburilor aromatice policiclice s-a făcut pe două tipuri de moluște (*Rapana venosa* și *Mytilus galloprovincialis*), trei specii pelagice de pește (*Sprattus sprattus*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus mediterraneus ponticus*) și o specie bentală de pește (*Neogobius*

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

*Cephalarges*), prelevate în perioada 2016-2018 din diferite zone de-a lungul litoralului românesc al Mării Negre.

Conținutul total de hidrocarburi aromatice policiclice în speciile de rapană prelevate în perioada 2016-2018, de la litoralul românesc al Mării Negre a variat între 0,0005 și 2776,6374  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed. Aceste valori sunt mult mai ridicate comparativ cu cele obținute de [V.Coatu și colab, 2016](#) la speciile de *Rapana venosa* prelevată din sectorul vestic al Mării Negre (65,6-641,6  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed). Concentrațiile compușilor individuali în *Rapana venosa* au variat între 0,0001 și 2248,495  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă. Compușii dominanți au fost naftalina, fluorenil și fenantrenul care au înregistrat valori de 2248,49, 2776,63 respectiv, 180,79  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă (Figura 5.1.1.).



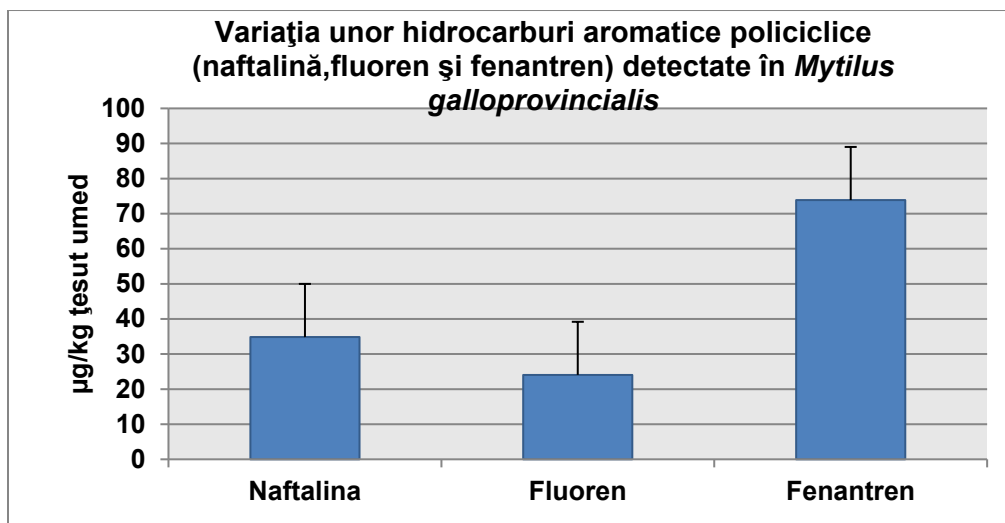
**Figura 5.1.1.** Variația unor hidrocarburi aromatice policiclice (naftalină, fluoren și fenantren) detectate în *Rapana venosa* din zona litoralului românesc al Mării Negre

Conținutul total de hidrocarburi aromatice polinucleare în moluște bivalve de tipul *Mytilus galloprovincialis* prelevate din sectorul românesc al Mării Negre a variat în domeniul 1,2022 - 517,1719  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed. Aceste rezultate sunt comparabile cu cele obținute de [Karacık și colab, 2009](#) la midiile prelevate din strâmtoarea Istanbul (43,0 - 601,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed).

Concentrațiile compușilor individuali au variat în domeniul 0,0001-223,8137  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă. Compușii dominanți au fost naftalina, fluorenil și fenantrenul, înregistrând valori medii de 34,8503, 24,0559, respectiv, 73,8817  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă (Figura 5.1.3). Analiza conținutului total de hidrocarburi aromatice policiclice, în moluștele bivalve de tipul *Mytilus galloprovincialis* prelevate din Marea Mediterană a evidențiat valori cuprinse între 26,75-107,67  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă, cu o valoare medie 67,21  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă concentrații care sunt mai mici comparativ cu valorile conținutului total de hidrocarburi înregistrate în probele de midie prelevate din zona litoralului românesc al Mării Negre.

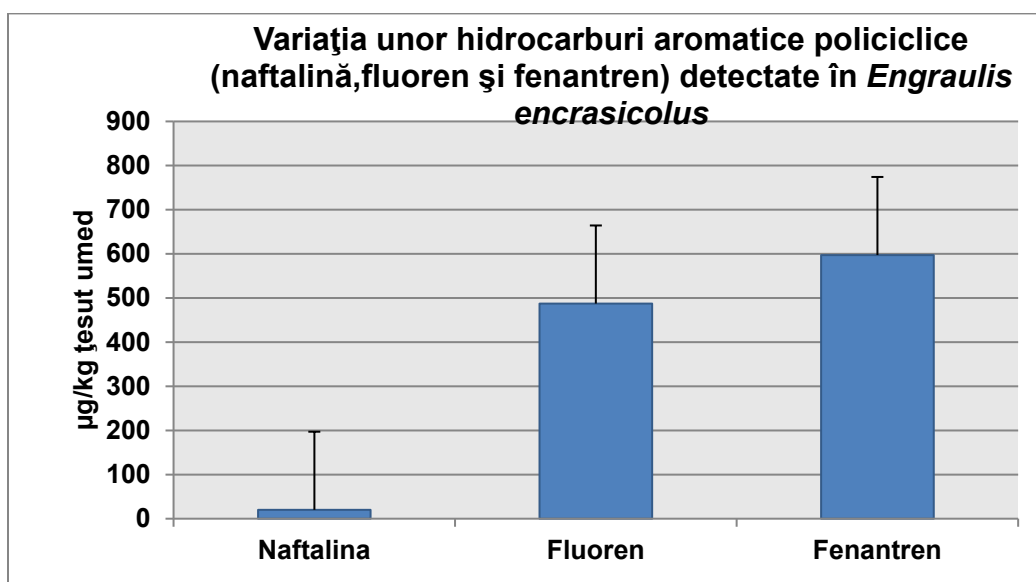
## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)



**Figura 5.1.3.** Variația unor hidrocarburi aromatice policiclice (naftalină, fluoren și fenantren) detectate, în *Mytilus galloprovincialis* din zona de coastă a Mării Negre

În speciile pelagice prelevate din zona litoralului românesc, concentrațiile compușilor individuali au variat în domeniul 0,0001-597,27 µg/kg țesut umed în cazul hamsiei (*Engraulis encrasicolus*). Compușii dominanți au fost fenantrenul, fluorenel și naftalina înregistrând valori medii de 597,27, 487,3557, respectiv, 20,1421 µg/kg țesut umed (Figura 5.1.5).



**Figura 5.1.5.** Variația unor hidrocarburi aromatice policiclice (naftalină, fluoren și fenantren) detectate, în *Engraulis encrasicolus* prelevate în zona de coastă a Mării Negre

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

În *Sprattus sprattus*, au fost măsurate valori medii ale compușilor individuali între 0,0200 și 2,9226  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed, cele mai mari concentrații înregistrându-se pentru fenantren (2,9226  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed) și naftalină (1,4519  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed)(5.1.7.).

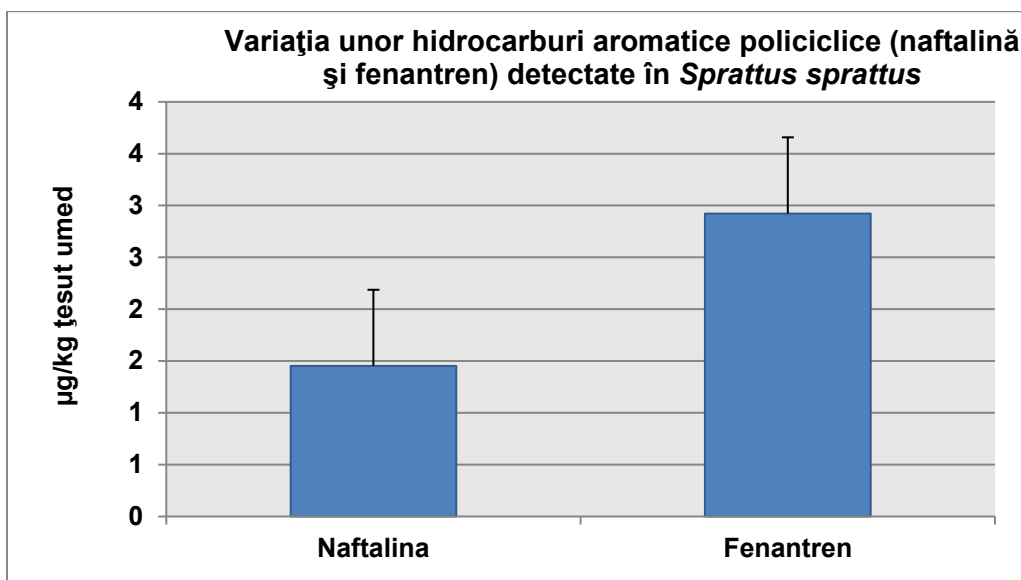


Figura 5.1.7. Variația unor hidrocarburi aromatice policiclice (naftalină și fenantren) detectate în *Sprattus sprattus* din zona de coastă a Mării Negre

În probele de stavrid (*Trachurus mediterraneus ponticus*) prelevate din zona de coastă a Mării Negre, conținutul total de hidrocarburi aromatice policiclice a variat în domeniul 8,0149-926,2241  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed. Concentrațiile compușilor individuali au variat în domeniul 0,0001-508,3701  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă.

Valorile medii ale compușilor individuali au variat în domeniul 0,6679-77,1853  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed, cele mai mari concentrații fiind înregistrate în cazul naftalinei (77,1853  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed), fenantrenului (74,8695  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed) și acenaftenului (9,5267)(Figura 5.1.9).

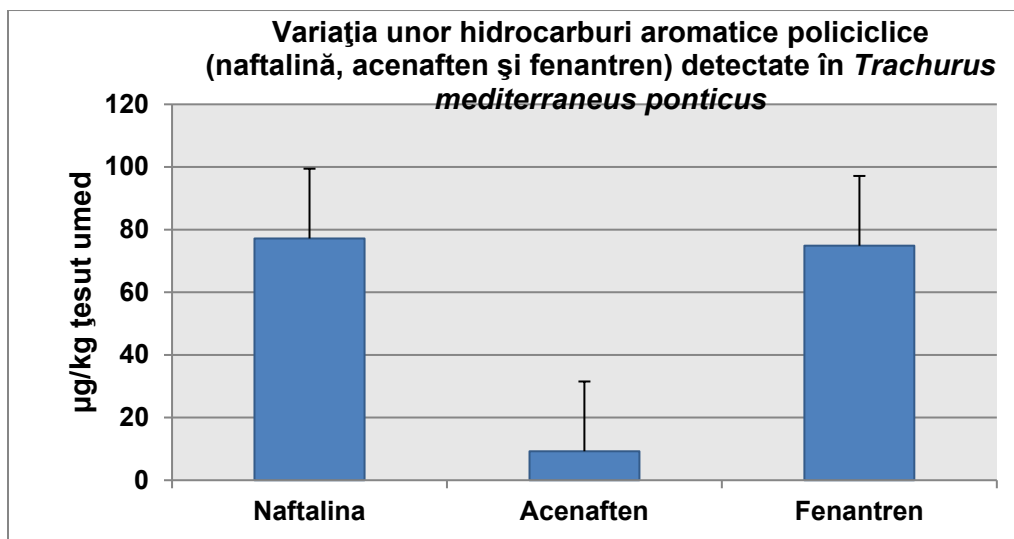


Figura 5.1.9. Variația unor hidrocarburi aromatice policiclice (naftalină, acenaften și fenantren) detectate în *Trachurus mediterraneus ponticus*, din zona de coastă a Mării Negre

În probele de guvid (*Neogobius cephalarges*) prelevate în perioada 2016-2018, din zona litoralului românesc, conținutul total de hidrocarburi aromatice policiclice a variat în domeniul 0,0002-171,4768 µg/kg țesut umed. Valorile medii ale compușilor individuali poliaromatici au variat între limita de detecție și 85,7384 µg/kg țesut umed, cele mai ridicate valori fiind înregistrate în cazul fenantrenului (85,7384 µg/kg țesut umed), acenaftilenului (1,6911 µg/kg țesut umed) și acenaftenului (1,7582 µg/kg țesut umed)(Figura 5.1.11.).

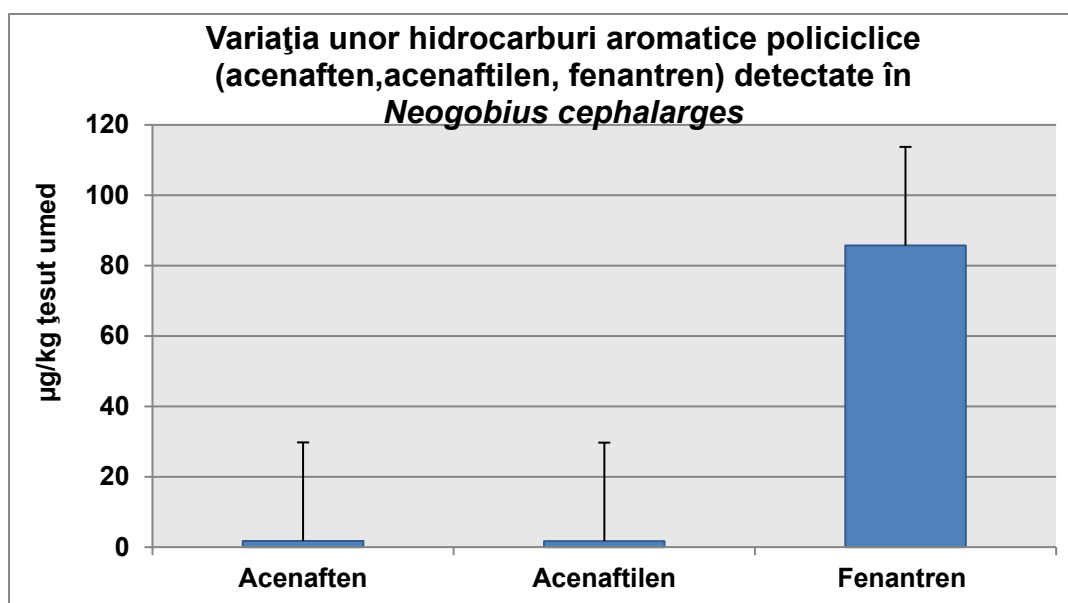


Figura 5.1.11. Variația unor hidrocarburi aromatice policiclice (acenaften, acenaftilen, fenantren) detectate în *Neogobius cephalarges* din zona de coastă a Mării Negre

## 5.2. Rezultate și discuții privind conținutul de lipide din organismele marine proaspete investigate

Dintre moluștele investigate, *Rapana venosa* a acumulat cea mai mare cantitate de hidrocarburi poliaromatice, conținutul lipidic cel mai ridicat fiind măsurat la *Mytilus galloprovincialis* (Figura 5.2.1). Acest lucru este explicabil deoarece aceste moluște filtratoare sunt destul de grase, însă această grăsime este „utilă”, incluzând acizi grași polinesaturați cu rol în îmbunătățirea funcției creierului și restabilirea acuității vizuale anterioare.

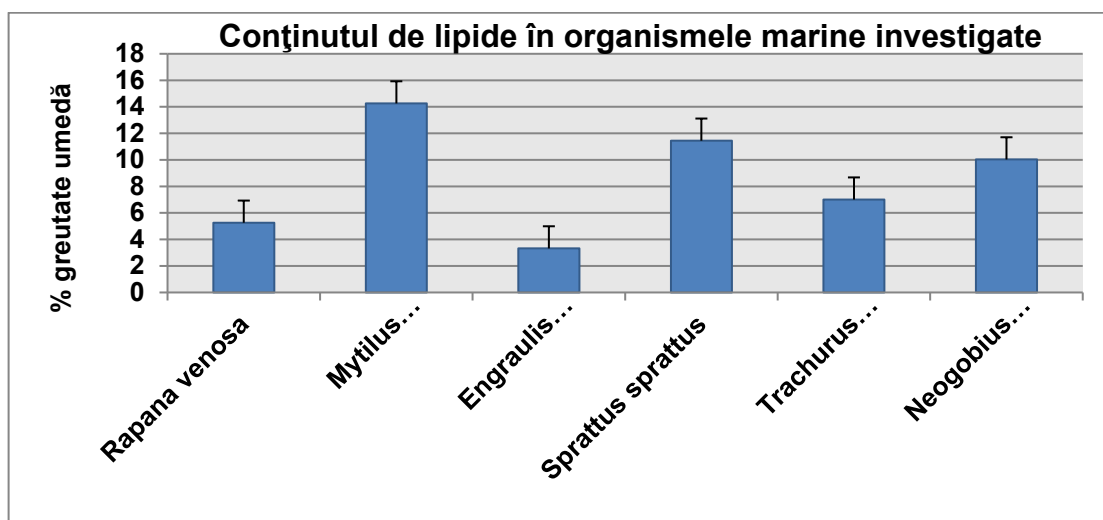


Figura 5.2.1. Conținutul lipidic determinat în organismele marine din zona litoralului românesc al Mării Negre, în perioada 2016-2018

Rezultatele obținute au arătat că, nivelul lipidic nu se corelează cu conținutul de hidrocarburi aromatice policiclice acumulat în speciile de moluște și pește investigate. Cea mai mare acumulare de hidrocarburi a fost găsită la *Engraulis encrasicolus*, iar cel mai mare conținut de lipide a fost înregistrat la specia pelagică *Sprattus sprattus*, acesta fiind clasificat un pește cu grăsimi medii până la un pește foarte gras. Bioacumularea ridicată a nivelului de contaminanți care a avut loc în ciuda conținutului scăzut de lipide în specia pelagică *Engraulis encrasicolus*, se poate pune pe seama biomagnificării, creșterea concentrațiilor poluanților organici pe măsură ce se trece într-un lanț alimentar (E.O. Nwaichia et al., 2016).

## 5.3. Rezultate și discuții privind conținutul de metale grele din organismele marine proaspete investigate

În raport cu nivelurile admisibile (Regulamentul CE nr. 1881/2006), pentru contaminanți în *Rapana venosa* (Figura 5.3.1.) și *Mytilus galloprovincialis* (Figura 5.3.2), concentrațiile plumbului au fost cu mult sub valoarea prag în toate eșantioanele de *Mytilus galloprovincialis* și

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

*Rapana venosa* investigate. De asemenea, miștile din majoritatea locațiilor investigate au avut concentrații de cadmiu încadrate sub valorile maxim admisibile pentru consum. Ușoare depășiri ale nivelului reglementat de cadmiu s-au măsurat într-un eșantion de *Mytilus* prelevat de la Sfântul Gheorghe și într-unul de *Rapana* de la Portița, cu specificația că analizele s-au efectuat pe țesut integral (talpă și viscere). Celelalte elemente investigate (cupru, nichel, crom) s-au încadrat în domenii normale de variație.

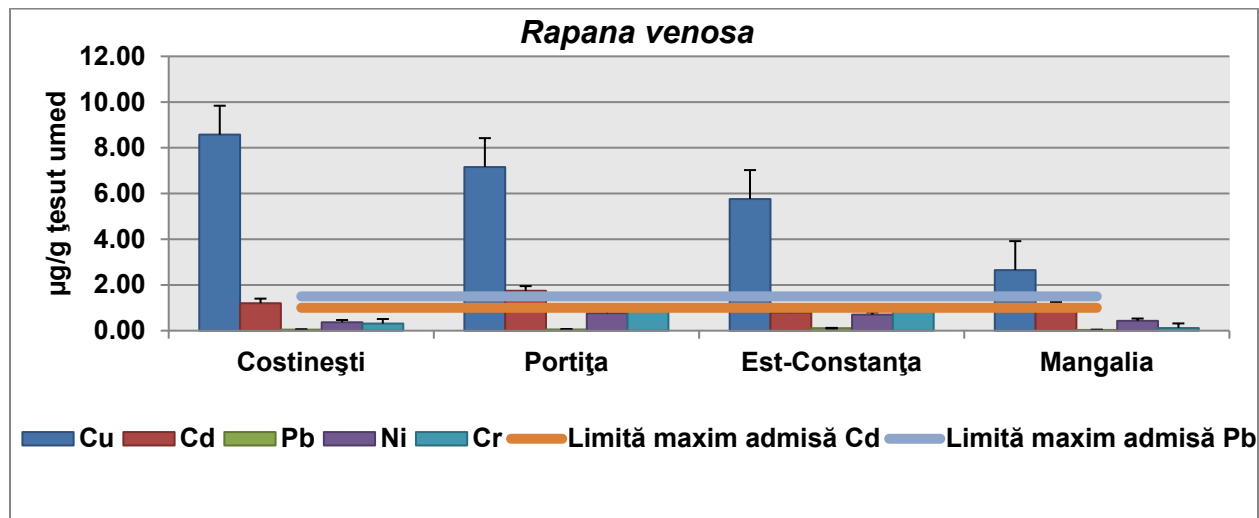


Figura 5.3.1. Concentrațiile metalelor grele în *Rapana venosa* de-a lungul litoralului românesc în 2016-2018

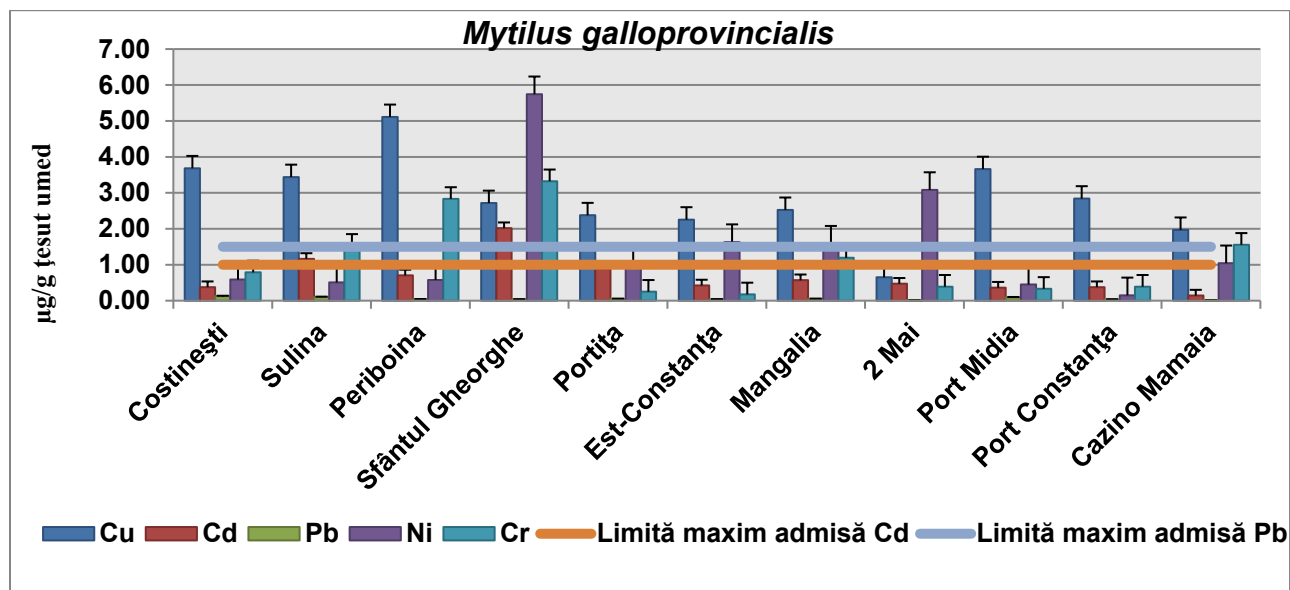


Figura 5.3.2. Concentrațiile metalelor grele în *Mytilus galloprovincialis* de-a lungul litoralului românesc în 2016-2018

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

În raport cu nivelurile admisibile pentru contaminanți, în speciile pelagice marine *Engraulis encrasicolus* și *Sprattus sprattus* (Regulamentul CE nr. 1881/2006), concentrațiile cadmiului și plumbului au fost sub valoarea prag (Figura 5.3.3, 5.3.4.). Ușoare depășiri ale nivelului reglementat de plumb, au fost măsurate într-un eșantion de hamsie (*Engraulis encrasicolus*) prelevat din zona 2 Mai.

Concentrațiile metalelor grele determinate în speciile marine *Trachurus mediterraneus ponticus* și *Neogobius cephalarges*, prelevate în perioada 2016-2018, din zona litoralului românesc al Mării Negre, s-au încadrat sub limita maxim admisă de Regulamentul CE nr. 1881/2006 (Figurile 5.3.5, 5.3.6). Depășiri al nivelului reglementat de plumb au fost măsurate într-un eșantion de stavrid prelevat din Mangalia.

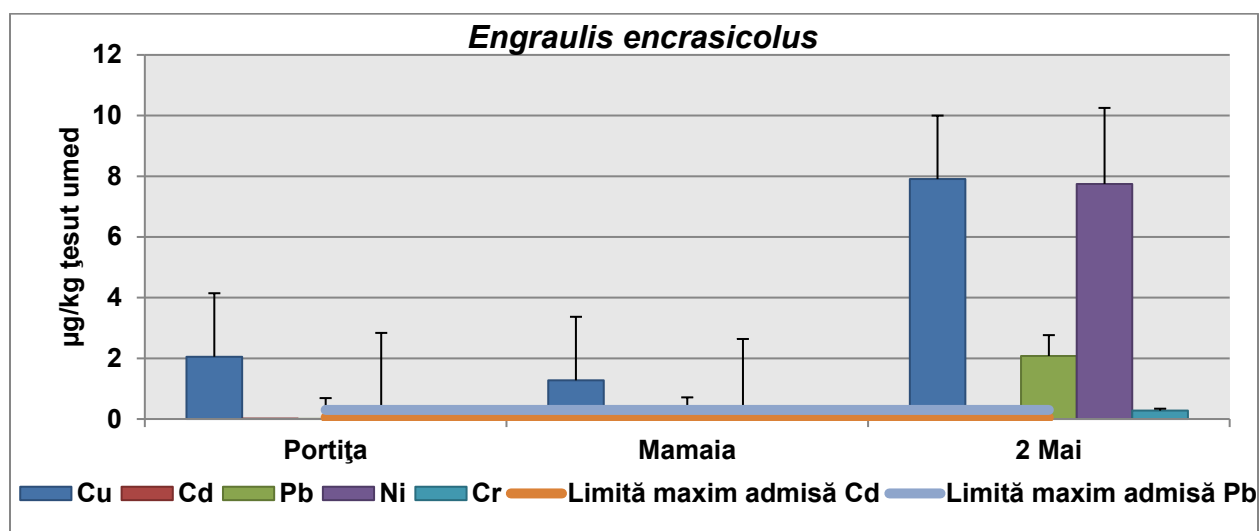
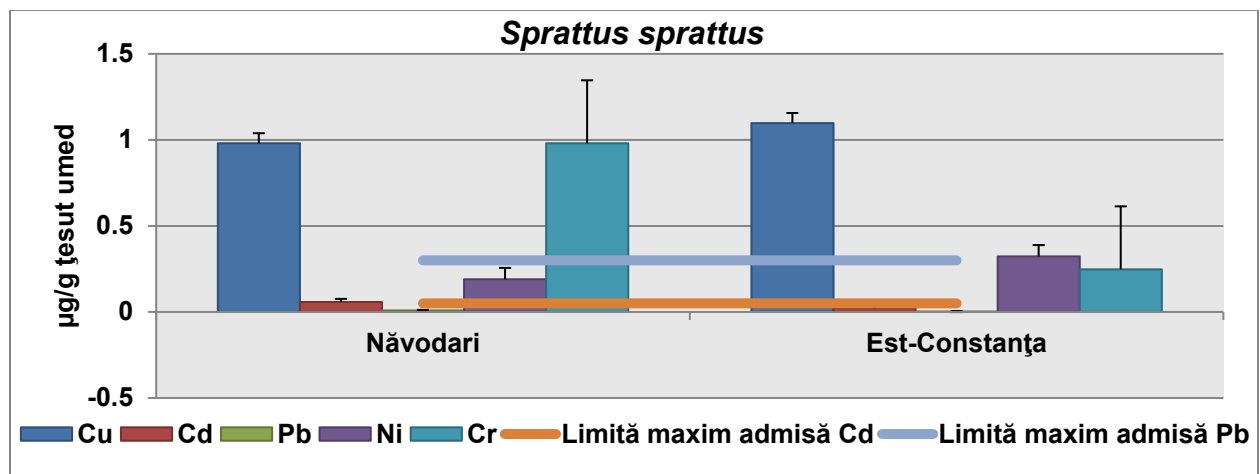


Figura 5.3.3. Concentrațiile metalelor grele în *Engraulis encrasicolus* de-a lungul litoralului românesc în 2016-2018





ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

Figura 5.3.4. Concentrațiile metalelor grele în *Sprattus sprattus* de-a lungul litoralului românesc în 2016-2018

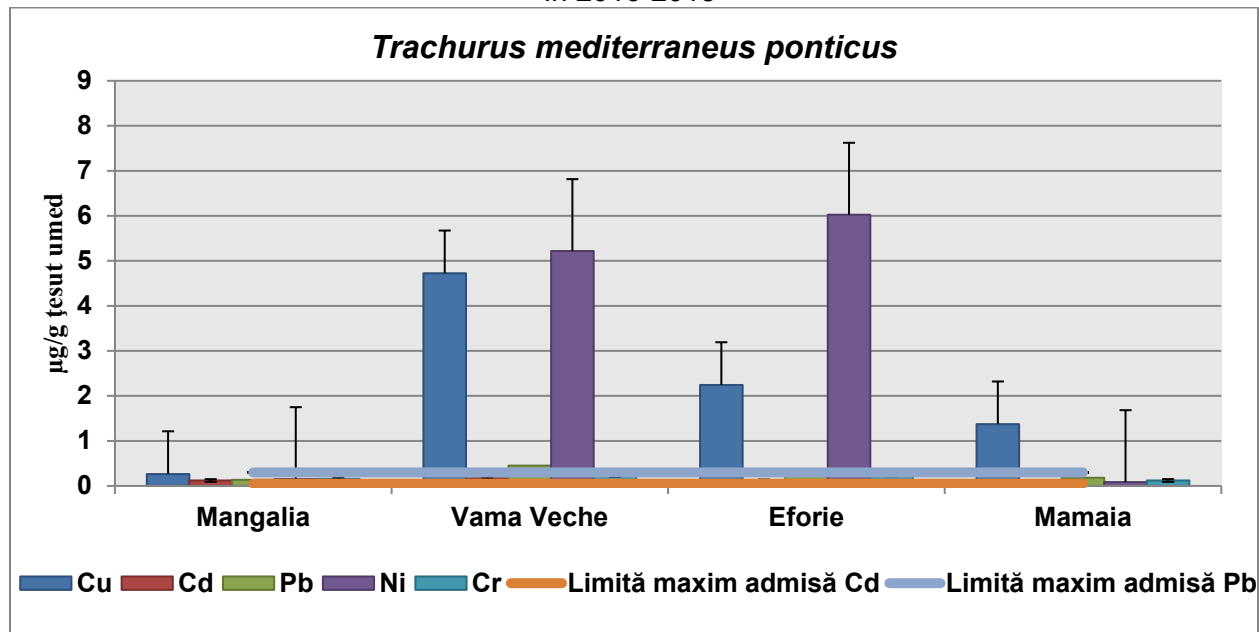


Figura 5.3.5. Concentrațiile metalelor grele în *Trachurus mediterraneus ponticus* de-a lungul litoralului românesc în 2016-2018

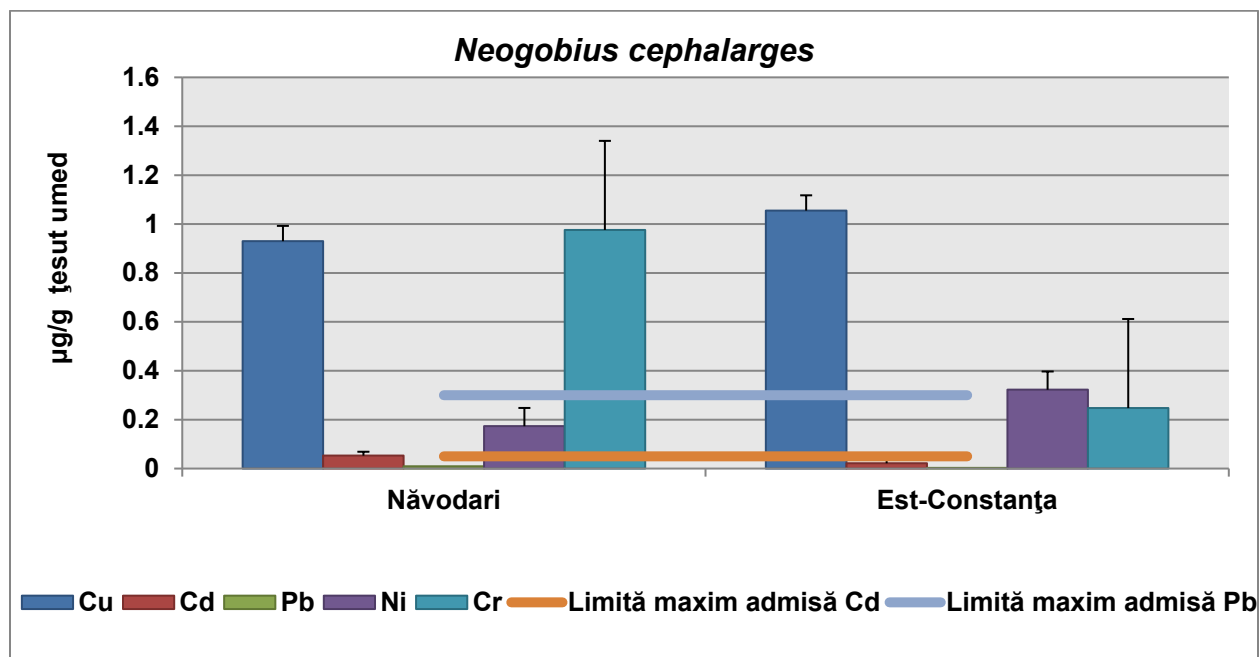


Figura 5.3.6. Concentrațiile metalelor grele în *Neogobius cephalarges* de-a lungul litoralului românesc în 2016-2018

### **CONCLUZII PARȚIALE**

- Acest capitol a permis investigarea a trei specii de pești pelagici (hamsie, șprot, stavrid), a unei specii bentale (guvid) și a două specii de moluște (midia și rapana) prelevate din diferite zone de-a lungul litoralului românesc al Mării Negre, în perioada 2016-2018.
- În cadrul acestui capitol este prezentată metodologia de prelevare, prelucrare preliminară și analiză a organismelor marine proaspete investigate în vederea evaluării conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice și metale grele
- De asemenea este descrisă metoda analitică cu ajutorul căreia se determină conținutul lipidic al speciilor marine investigate.
- Rezultatele studiului se constituie într-o bază de date privind acumularea hidrocarburilor aromatice policiclice din organisme marine, prelevate de la litoralul românesc al Mării Negre;
- Valorile conținutului total de hidrocarburi aromatice policiclice în speciile de moluște și pește analizate din zona de coastă a Mării Negre sunt mai mari, comparativ cu alte specii din diferite locații ale lumii.
- Conform rezultatelor studiului, fenantrenul, fluorenil și naftalina sunt compuși dominanți în speciile de moluște investigate (*Rapana venosa*, *Mytilus galloprovincialis*). Compușii dominanți în peștii analizați, sunt fenantrenul și naftalina.
- Cu excepția speciilor de moluște (*Mytilus galloprovincialis*, *Rapana venosa*) și a unei specii pelagice de pește, (*Trachurus mediterraneus ponticus*), valorile benzo[a]pirenului s-au situat sub limita maxim admisibilă prevăzută de Regulamentul (CE) nr. 1881/2006, cu privire la stabilirea nivelurilor maxime pentru anumiți contaminanți din produsele alimentare.
- Rezultatele investigațiilor efectuate în 2016-2018 asupra metalelor grele în speciile marine demonstrează diferențe de distribuție între diferite sectoare ale litoralului românesc, reflectând impactul potențial al presiunilor naturale sau antropice, generate de surse și activități costiere sau off-shore.

## **6. EVALUAREA CONȚINUTULUI DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICILCLICE (HAP) CA EFECT A APLICĂRII UNOR TEHNICI DE PREPARARE ASUPRA ORGANISMELOR MARINE**

### **6.1. Aspecte generale**

Organismele marine reprezintă o sursă de proteine necesară funcționării normale a organismul uman și ar trebui să fie parte integrantă din aportul alimentar al fiecărei persoane cu o dietă rațională și echilibrată. Deși posedă un potențial nutritiv extrem de important atât peștii cât și moluștele pot acumula poluanți organici prin procesul de biomagnificare. Biomagnificarea are loc atunci când substanța chimică pătrunde în lanțul alimentar la niveluri trofice superioare. Astfel, țesuturile grase ale animalelor pot acumula reziduuri de compuși organici. Acestea sunt transmise în lanțul alimentar și ajung la concentrații mai mari, eventual nocive, la niveluri trofice superioare (prădătorii de vârf), ajungând în final, la om (*Neely, W. B., 1980*).

### **6.2. Obiectivele capitolului 2**

Obiectivul principal al capitolului a constat în evaluarea conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice (PAH) în organismele marine din zona de coastă a Mării Negre, ca efect al aplicării unor tehnici de preparare (conservare).

## **7. Considerații teoretice privind impactul procesului de preparare asupra calității peștelui și produselor pescărești**

### **7.1. Tehnici de prelucrare termică**

Prin prelucrare termică se înțelege procesul de transformare al produselor alimentare din stare proaspătă în stare conservată. Pregătirea peștelui și fructelor de mare se realizează prin tehnici de prelucrare termică precum înăbușirea, fierberea, prăjirea, frigerea și gratinarea.

Particularitățile structurale ale cărnii de pește și fructelor de mare reprezentate de fibre musculare fine scurte, țesut conjunctiv fin, în proporție redusă conduce la friabilitatea cărnii de pește, scurtând astfel, timpul de prelucrare termică și impun adaptarea procedeeelor tehnice în vederea asigurării calității preparatelor din pește (*L.C. Roseiro et al., 2011*).

### **7.2. Efectele tehnicilor de prelucrare termică asupra calității nutritive al peștelui**

Prelucrarea termică, pe lângă efectele pozitive, generează reducerea valorii nutritive. Prin fierberea de scurtă durată se produce difuzarea în apă a azotului neproteic, până la 30%, substanțele proteice scad cu 6%, pierderile de substanțe minerale ajung până la 40-60% (*Y.*

# ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

*Moradi et al, 2011*). Vitaminele hidrosolubile trec în apa de fierbere, iar vitaminele liposolubile sunt parțial inactivate.

Prelucrarea termică în cuptor și frigerea păstrează aproape în întregime conținutul de proteine (pierderi 0,1%) și substanțe minerale, iar pierderile în conținut de vitamine sunt foarte mici. Peștele preparat prin prăjire își mărește valoarea calorică prin îmbibarea cu ulei, fiind mai greu digestibil.

## 7.3. Efectele tehnicilor de prelucrare termică asupra compoziției aminoacizilor peștelui

Calitatea proteinelor peștelui este influențată de conținutul său de aminoacizi, de raporturile aminoacizilor esențiali și de utilizarea fiziologică a aminoacizilor după digestie, absorbție și oxidare. (*Friedman M, 1996*).

Conform cercetărilor, s-a ajuns la concluzia că procesul de congelare și decongelare are efecte asupra calității proteinelor din pește, observându-se că congelarea peștelui urmată de decongelarea acestuia determină scăderi semnificative la nivelul aminoacizilor, cel mai afectat fiind L-cisteina.

Potrivit cercetărilor realizate de *Oluwaniyi O. et.al., 2017* care au studiat efectul tehnicilor de preparare termică precum fierberea și prăjirea (peste cărbune fierbinte) folosind diferite tipuri de uleiuri, aceasta din urmă, are efecte asupra conținutului de aminoacizi din pește.

## 7.4. Impactul conținutului de contaminanți organici din pește ca urmare a aplicării unor tehnici de prelucrare termică

Peștele reprezintă o sursă esențială de substanțe nutritive, însă prin aplicarea metodelor de preparare, au loc modificări la nivelul compoziției chimice și în acest mod este afectată calitatea produsului final. O altă consecință a aplicării proceselor de preparare este acumularea unor compuși cu efect toxic și mutagen cum sunt difenileterii polibrominați (DEPB), hexaclorobenzenul (HCB) și hidrocarburi aromatice policiclice (*Gemma Perelló et al., 2016*).

Procesarea alimentelor la temperaturi ridicate generează diferite tipuri de substanțe toxice și genotoxice, inclusiv hidrocarburi aromatice policiclice. Prepararea produselor din carne prin expunerea directă la sursa termică s-a dovedit a fi cea mai dăunătoare metodă de preparare, alături de procedeul de afumare și prăjire.

## 8. MATERIALE ȘI METODE

### 8.1. Materiale utilizate la determinarea conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice din organisme marine preparate

Analiza hidrocarburilor aromatice policiclice s-a făcut pe două tipuri de moluște (*Rapana venosa* și *Mytilus galloprovincialis*), trei specii pelagice de pește (*Spratus spratus*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus mediterraneus ponticus*) și o specie bentală de pește (*Neogobius*

# ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

*Cephalarges*), prelevate în perioada 2016-2018 din diferite zone de-a lungul litoralului românesc oasăal Mării Negre.

Etapele principale ale metodei de analiză a hidrocarburilor aromatice policiclice din organismele marine preparate sunt aplicarea unor tehnici de preparare (fierbere și prăjire), pregătirea extractelor pentru analiza gas-cromatografică (extracția și purificarea) și analiza gas-cromatografică.

## 8.2. Aplicarea unor tehnici de preparare asupra organismelor marine analizate

Douăzeci și șase de probe de pește și douăsprezece probe de moluște (organismul întreg, atât pentru pești cât și pentru moluște), au fost eşantionate în două părți egale, procesate prin fierbere, respectiv prin prăjire. Pentru aplicarea ambelor tehnici de preparare s-a utilizat un Multicooker MYRIA model MY4007. După aplicarea tehnicilor de preparare, peștii și moluștele au fost mărunțiți și au fost liofilizați în vederea pregătirii pentru analiza gas-cromatografică (extracția și purificarea).

## 8.3. Extracția și purificarea hidrocarburilor aromatice policiclice

Etapele de extracție și purificare a hidrocarburilor aromatice policiclice din organismele marine preparate termic s-au realizat conform aceluiași protocol de lucru aplicat și organismelor marine aflate în stare proaspătă descris în subcapitolul 4.2.1.

## 8.4. Analiza gaz-cromatografică (GC)

**Condițiile gas-cromatografice au fost:** coloană capilară Elite 35 MS, fază staționară: dimetilpolisiloxan (35% difenil), lungime 30 m, diametru interior 0,32 mm, grosimea filmului 0,25 mm; gaz purtător - heliu, viteză - 1 cm<sup>3</sup>/min, debit divizat 15 cm<sup>3</sup>/min, volum probe - 2μl, temperatura injectorului - 300°C, program temperatură –temperatura inițială 100°C, viteza de încălzire - 6°C/1 minut, prima izotermă - 250°C timp de 0 min, viteza de încălzire- 10°C\* 10min, izotermă secundară - 330°C\*10 min, temperatura interfeței-330°C, temperatura sursei - 270°C, metoda de analiză, single ion r. (SIR) ([IAEA-MEL: Manualul de instruire pentru măsurarea organocloruratelor și a hidrocarburilor petroliere în probele de mediu, 1995](#)).

### 8.4.1. Identificarea și cuantificarea compușilor de interes din organismele marine preparate termic

Hidrocarburile aromatice policiclice au fost identificate pe baza timpilor de retenție și a ionilor caracteristici.

#### **8.4.2. Calcularea concentrațiilor de hidrocarburi aromatice policiclice**

Pentru calcularea concentrațiilor de hidrocarburi aromatice policiclice s-a ținut cont de factorul de recuperare–R(1), de aria probei, de aria standardului, de concentrația standardului adăugat în probă, de volumul extractului și de masa de țesut luată în lucru (2) (*IAEA-MEL: Manualul de instruire pentru măsurarea organocloruratelor și a hidrocarburilor petroliere în probele de mediu, 1995*).

$$R\% = \frac{(\text{volum extract} \times \text{aria standard})}{2} \quad (1)$$

$$C_{HAP}(\mu\text{g}/\text{kg}) = \frac{\text{Aria probei}}{\text{Aria standard}} \times \text{concentrația standard (ppm)} \times \frac{\text{Volum extract}}{\text{Masă țesut}} \times 1000 \quad (2)$$

#### **8.5. Metoda analitică de determinare a conținutului de lipide din organismele marine preparate**

Determinarea conținutului de lipide s-a făcut conform aceluiași protocol de lucru aplicat și organismelor marine aflate în stare proaspătă descris în subcapitolul 4.4.

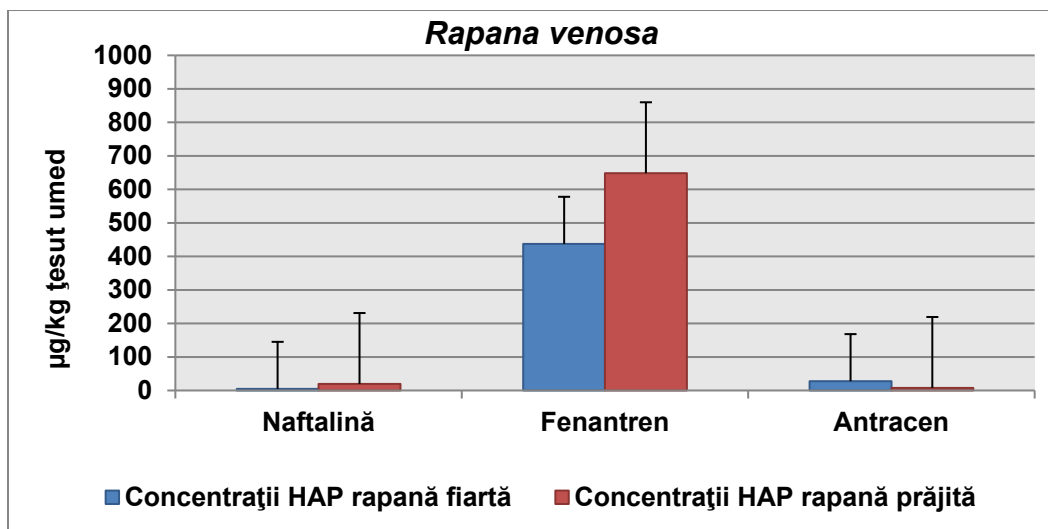
### **9. Rezultate și discuții privind conținutul de hidrocarburi aromatice policiclice din organismele marine preparate investigate**

#### **9.1. Analiza comparativă a conținutului total și compușilor individuali din organismele proaspete și preparate**

Concentrațiile medii ale compușilor individuali în rapană fiartă (*Rapana venosa*) au variat între limita de detecție (0,0001 μg/kg) și 437,3856 μg/kg greutate umedă. Compușii dominanți au fost fenantrenul (437,3856 μg/kg greutate umedă), antracenu (27,3636 μg/kg greutate umedă), naftalina (4,5577 μg/kg greutate umedă). În cazul rapanei preparate prin prăjire, concentrațiile compușilor individuali au înregistrat valori cuprinse în domeniul 0,0001-648,0516 μg/kg greutate umedă. Compușii dominanți au fost fenantrenul (648,0516 μg/kg țesut umed), naftalina (19,4999 μg/kg țesut umed) și antracenu (7,6669 μg/kg țesut umed) (Figura 9.1.1.).

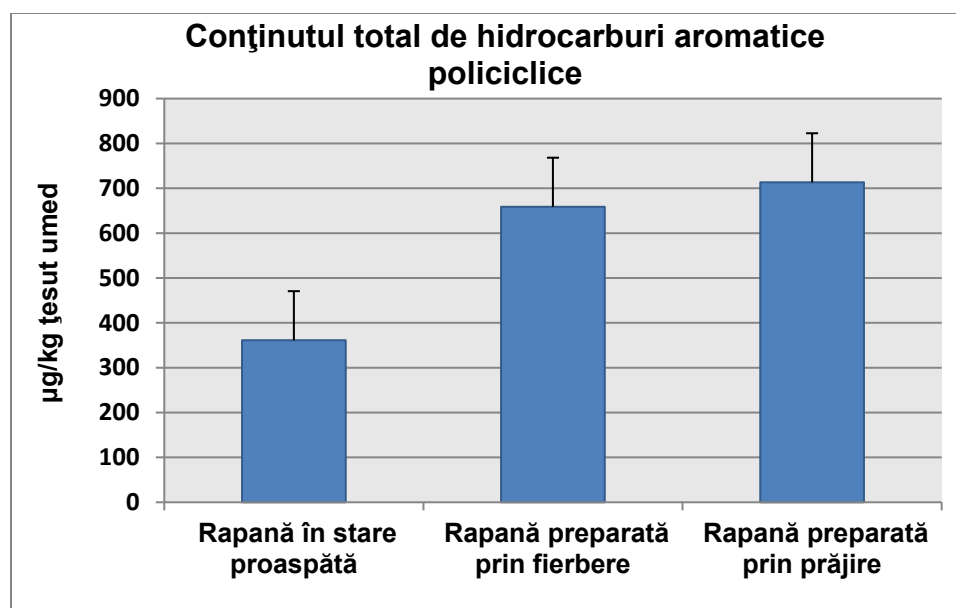
## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)



**Figura 9.1.1.** Variația unor hidrocarburi aromatice policiclice (naftalină, fenantren și antracen) detectate în *Rapana venosa* preparată prin fierbere și prăjire

Analiza comparativă a conținutului total de hidrocarburi aromatice policiclice din rapana proaspătă și rapana preparată prin fierbere și prăjire evidențiază o creștere progresivă a conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice ca urmare a aplicării celor două metode de preparare (Figura 9.1.2.). Acest fenomen poate fi explicat, prin influența creșterii temperaturii în timpul procesului de gătit, prin gradul de pătrundere al uleiului și de acumulare a unor compuși toxici în timpul procesului de prăjire.

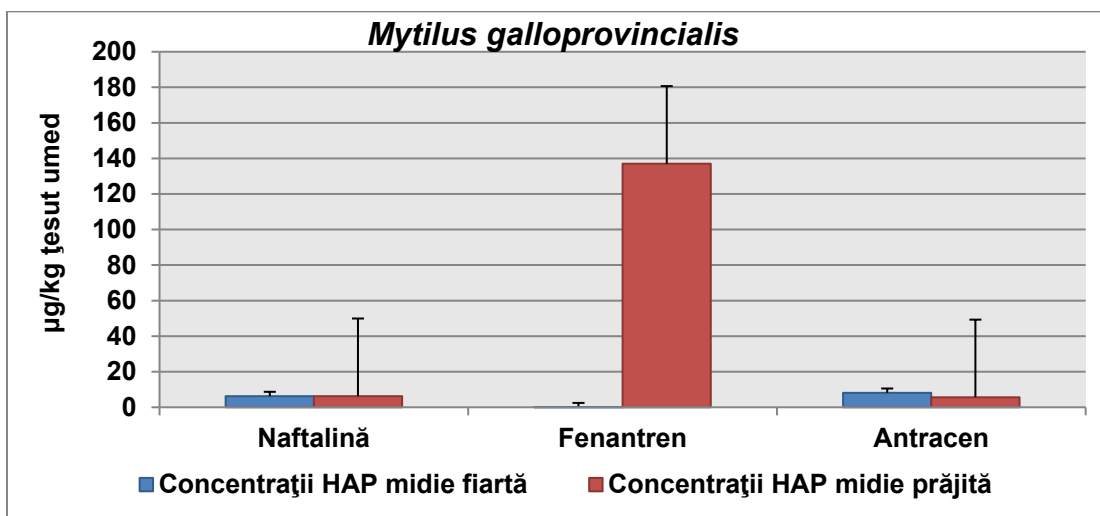


**Figura 9.1.2.** Conținutul total ( $\Sigma 16\text{HAP}$ ) de hidrocarburi aromatice policiclice în *Rapana venosa* înainte și după aplicarea tehnicilor de preparare

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

Concentrațiile medii ale compușilor individuali în midiile fierte au variat în domeniul 0,0001 - 8,1139  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă. Compușii dominanți au fost antracenu și naftalina înregistrând valori medii de 8,1139 și 6,2504  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă. În cazul midiilor prăjite, valorile medii ale compușilor individuali, au înregistrat valori cuprinse între limita de detecție și 137,5013  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă. Compușii dominanți au fost fenantrenul (137,5013  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă), antracenu (5,6139  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă) și naftalina (6,2504  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă) (Figura 9.1.3.).



**Figura 9.1.3.** Variația unor hidrocarburi aromatice policiclice (naftalină, fenantren și antracen) detectate în *Mytilus galloprovincialis* preparată prin fierbere și prăjire

Analiza comparativă a conținutului total de hidrocarburi aromatice policiclice din midiile aflate în stare proaspătă și cele preparate prin fierbere și prăjire evidențiază o scădere semnificativă a conținutului total de hidrocarburi aromatice policiclice după aplicarea procesului de fierbere, urmată de creșterea nivelului de hidrocarburi ca urmare a aplicării procesului de prăjire (Figura 9.1.4).



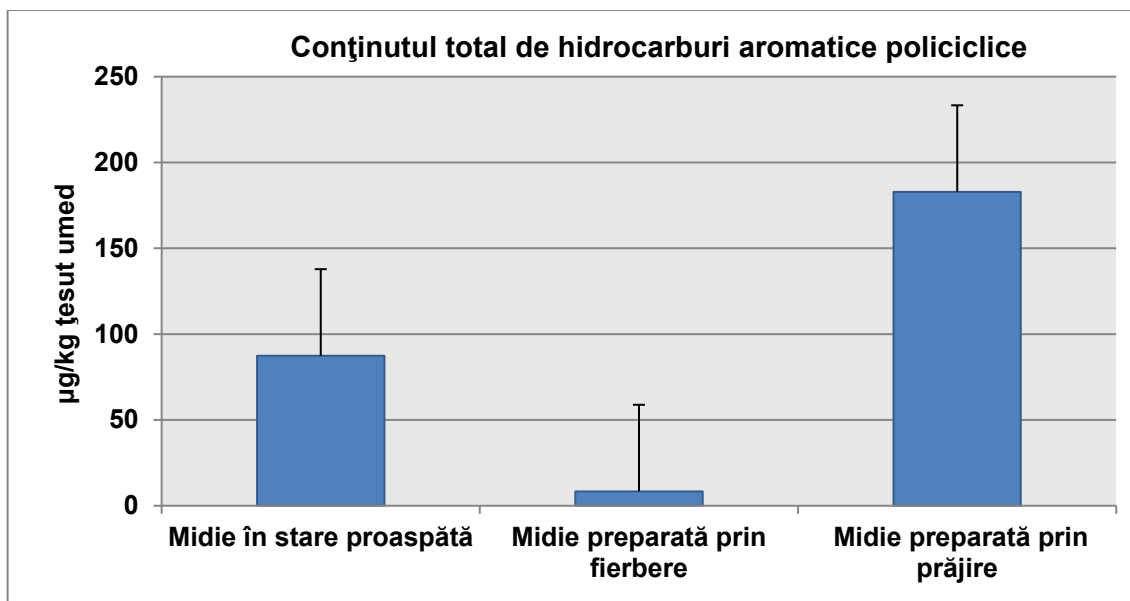


Figura 9.1.4. Conținutul total ( $\Sigma 16\text{HAP}$ ) de hidrocarburi aromatice policiclice în *Mytilus galloprovincialis* înainte și după aplicarea tehnicilor de preparare

Valorile medii ale compușilor individuali în hamsia fiartă au variat de la limita de detecție ( $0,0001 \mu\text{g/kg}$ ) până la  $80,7422 \mu\text{g/kg}$  țesut umed, cele mai mari concentrații medii fiind înregistrate pentru fenantren ( $80,7422 \mu\text{g/kg}$  țesut umed), antracen ( $20,5174 \mu\text{g/kg}$  țesut umed), naftalină ( $7,0130 \mu\text{g/kg}$  țesut umed). În cazul hamsiei prăjite concentrațiile medii ale compușilor individuali au înregistrat valori cuprinse între  $0,0001$  și  $412,6840 \mu\text{g/kg}$  țesut umed. Compușii dominanți au fost fenantrenul ( $412,6840 \mu\text{g/kg}$  țesut umed), antracenu ( $68,3196 \mu\text{g/kg}$  țesut umed), naftalina ( $37,5999 \mu\text{g/kg}$  țesut umed) (Figura 9.1.5).

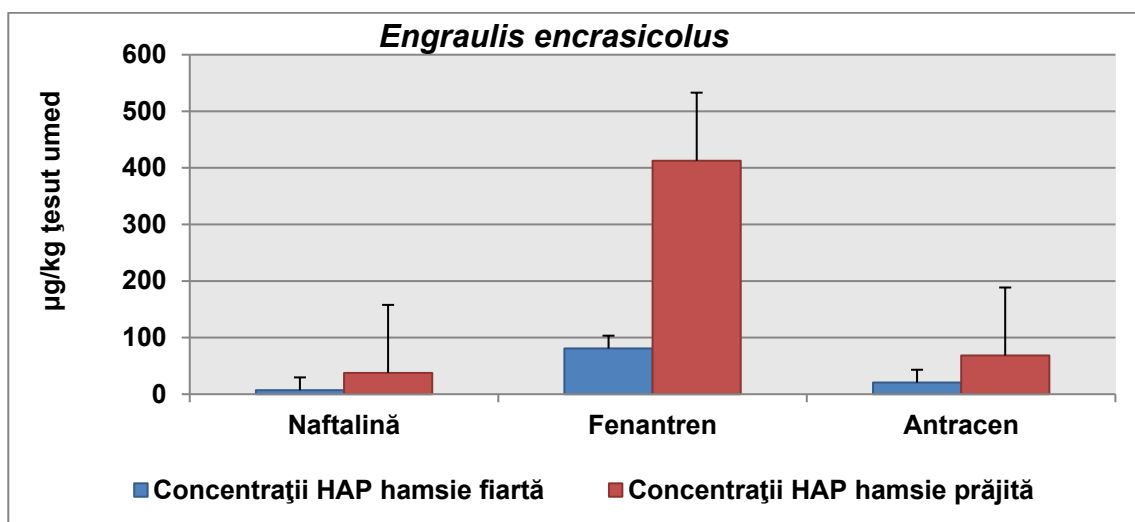
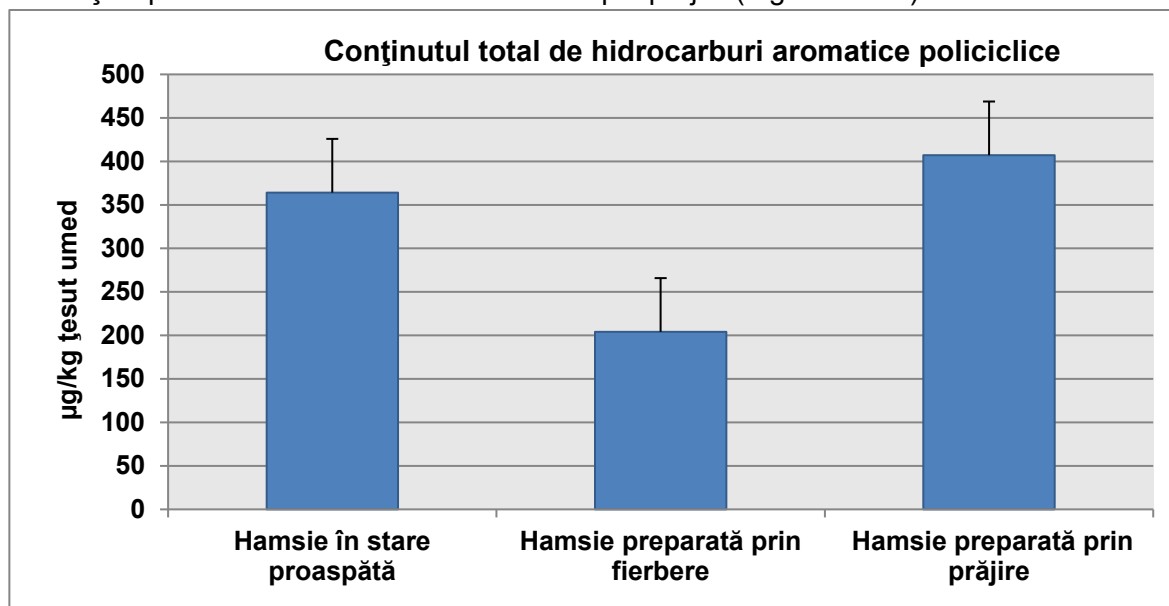


Figura 9.1.5. Variația unor hidrocarburi aromatice policiclice (naftalină, fenantren și antracen) detectate în *Engraulis encrasicolus* preparată prin fierbere și prăjire

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

Prin compararea valorilor conținutului total de hidrocarburi aromatice policiclice din hamsia preparată prin fierbere și prăjire cu cele din hamsia aflată în stare proaspătă, s-a evidențiat o scădere semnificativă a nivelului de hidrocarburi după aplicarea preparării prin fierbere, urmată de o ușoară creștere a conținutului total de hidrocarburi aromatice policiclice ca o consecință a pătrunderii uleiului în hamsie în timpul prăjirii (Figura 9.1.6.).

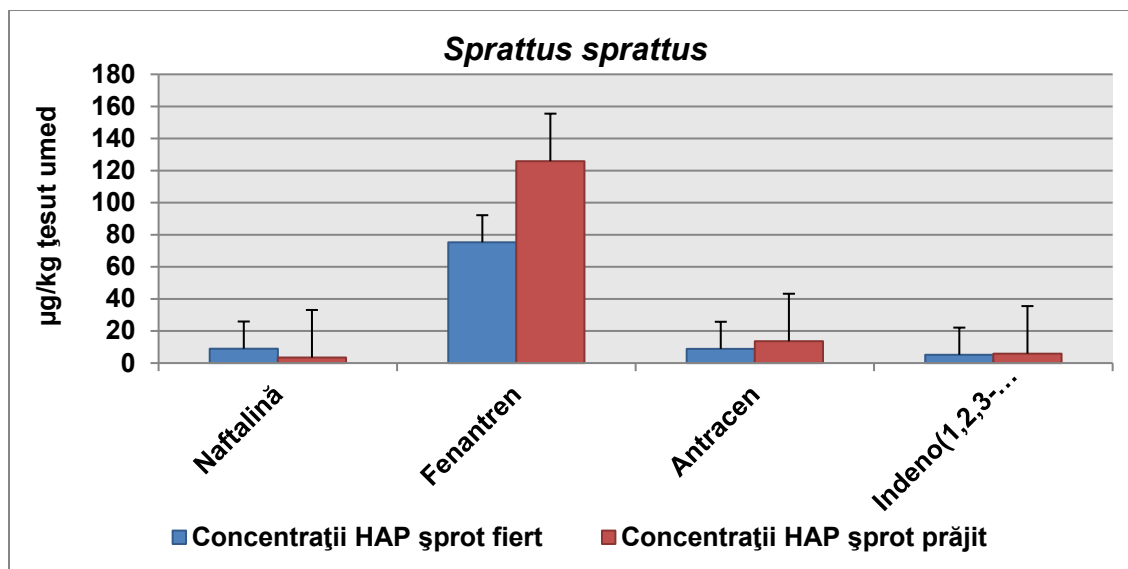


**Figura 9.1.6.** Conținutul total ( $\Sigma 16\text{HAP}$ ) de hidrocarburi aromatice policiclice în probele de hamsie înainte și după aplicarea tehnicilor de preparare

Probele de șprot fierte au avut valori medii ale compușilor individuali cuprinse între limita de detecție și 75,2622  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed, cele mai mari concentrații medii înregistrându-se pentru fenantren (75,2622  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed), antracen (8,8273  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed) și naftalină (8,9969  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed). Șprotul prăjit a înregistrat valori medii ale compușilor individuali cuprinse între 0,0001 și 125,8516  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed. Compușii dominanți au fost naftalină (3,4762  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed), fenantrenul (125,8516  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed), antracenu (13,5910  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed) și indeno(1,2,3-c,d)pirenul (5,9017  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed) (Figura 9.1.7.).

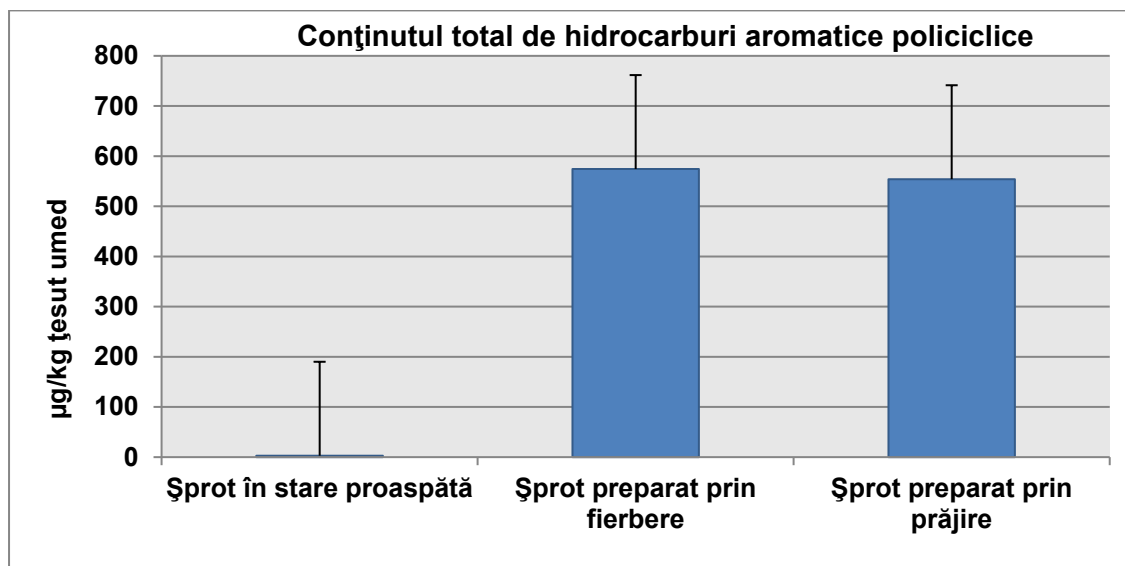
## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)



**Figura 9.1.7.** Variația unor hidrocarburi aromatice policiclice (naftalină, fenantren, antracen, indeno(1,2,3-c,d)pirenol) detectate în *Sprattus sprattus* preparat prin fierbere și prăjire

Analiza comparativă a conținutului total de hidrocarburi aromatice policiclice din șprotul aflat în stare proaspătă și cel preparat prin fierbere și prăjire evidențiază o creștere progresivă a conținutului total de hidrocarburi aromatice policiclice ca urmare a aplicării celor două metode de preparare (Figura 9.1.8).

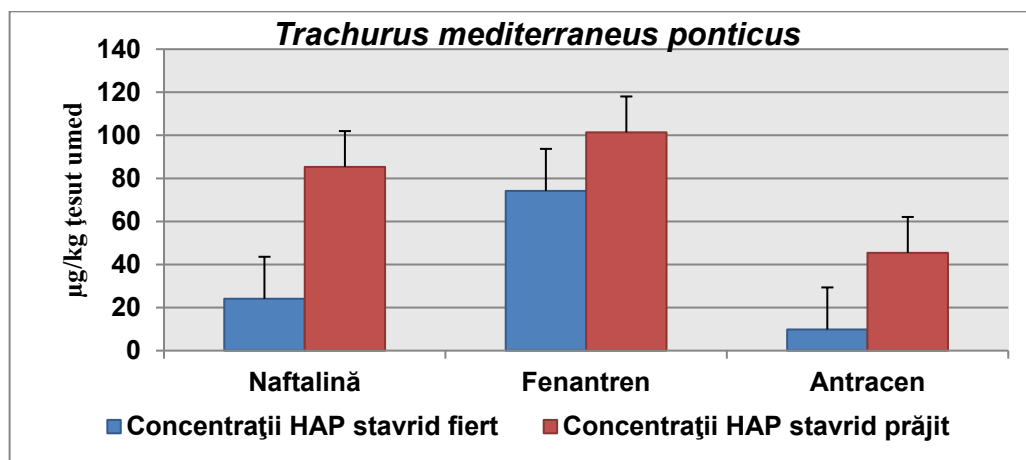


**Figura 9.1.8** Conținutul total ( $\Sigma 16\text{HAP}$ ) de hidrocarburi aromatice policiclice în probele de șprot înainte și după aplicarea unor tehnici de preparare

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

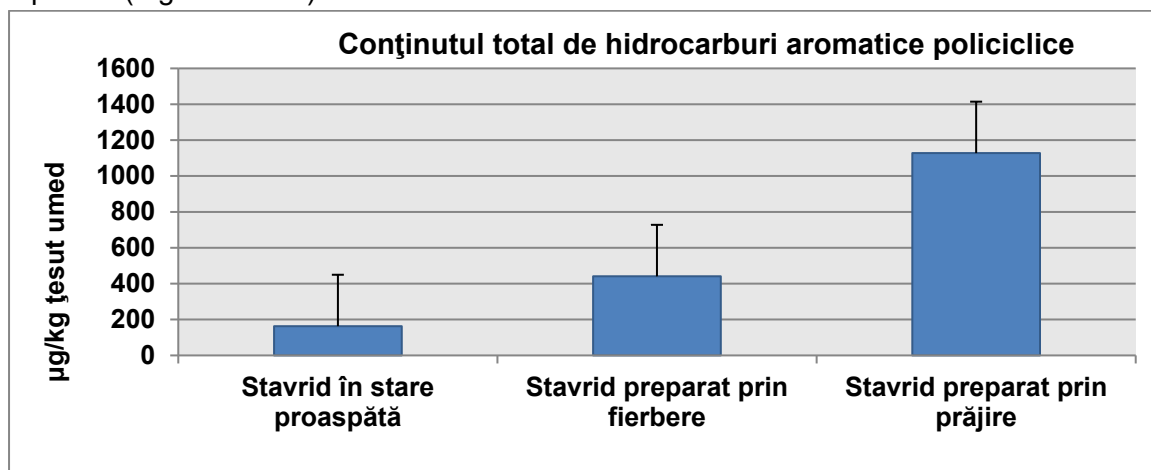
Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

În stavridul preparat prin fierbere, concentrațiile medii ale compușilor individuali au variat în domeniul 0,0001-74,1810  $\mu\text{g}/\text{kg}$  greutate umedă. Compușii dominanți au fost fenantrenul (74,1810  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed), naftalina (24,0732  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed) și antracenu (9,8406  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed). În probele de stavrid care au fost procesate prin prăjire, au fost înregistrate concentrații medii ale compușilor individuali cuprinse între limita de detecție și 101,4083  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed. Compușii dominanți au fost fenantrenul (101,4083  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed), naftalina (85,3340  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed) și antracenu (45,4437  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed) (Figura 9.1.9.).



**Figura 9.1.9.** Variația unor hidrocarburi aromatice policiclice (naftalină, fenantren, antracenu) detectate în *Trachurus mediterraneus ponticus* preparat prin fierbere și prăjire

Analiza comparativă a conținutului total de hidrocarburi aromatice policiclice din stavridul aflat în stare proaspătă și cel preparat prin fierbere și prăjire evidențiază o creștere progresivă a conținutului total de hidrocarburi aromatice policiclice ca urmare a aplicării celor două metode de preparare (Figura 9.1.10).



**Figura 9.1.10.** Conținutul total ( $\Sigma 16\text{HAP}$ ) de hidrocarburi aromatice policiclice în probele de stavrid înainte și după aplicarea tehnicilor de preparare

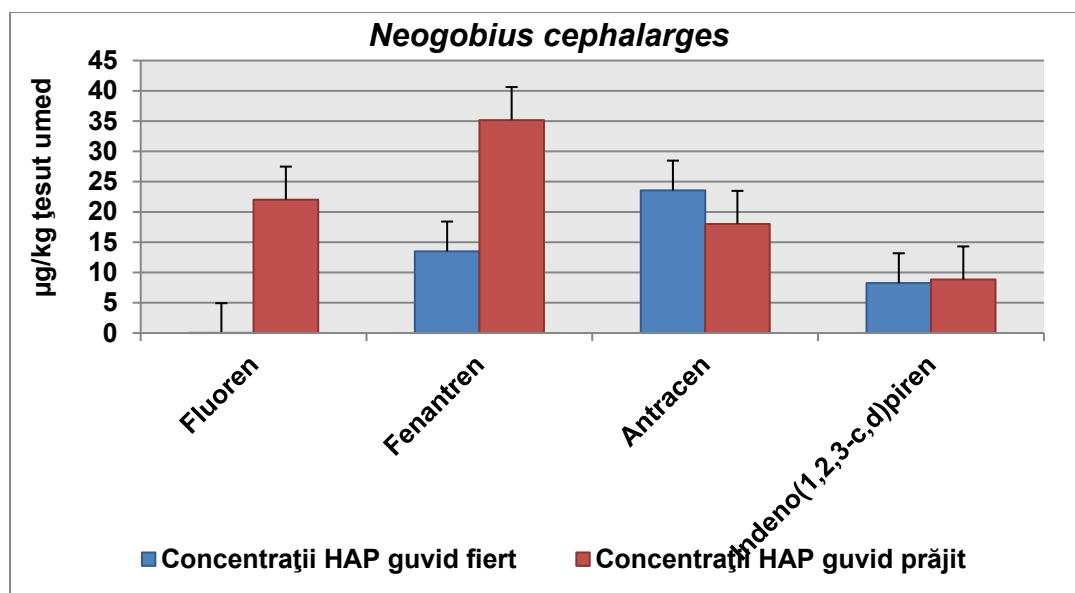
## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

Această creștere poate fi explicată prin durata de gătire a peștelui, prin temperatura ridicată în timpul gătirii și prin gradul de încălzire al uleiului în timpul prăjirii, știind că acesta reprezintă o sursă direct de compuși toxici, precum, hidrocarburile aromatice policiclice.

În probele de guvid fiert și prăjit, valorile medii ale compușilor individuali poliaromatici au variat între 0,0001 și 23,5428  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed, respectiv, 0,0001-35,1607  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed.

În guvidul preparat atât prin fierbere cât și prin prăjire compușii dominanți au fost fenantrenul (23,5428  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed), fluorenel (22,0233  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed), antracenu (18,0151  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed) și indeno(1,2,3-c,d)piren (8,8408  $\mu\text{g}/\text{kg}$  țesut umed) (Figura 9.1.11.).



**Figura 9.1.11.** Variația unor hidrocarburi aromatice policiclice (fluoren, fenantren, antracenu și indeno(1,2,3-c,d)piren) detectate în *Neogobius cephalarges* preparat prin fierbere și prăjire

În figura 9.1.12., sunt prezentate valorile conținutului total de hidrocarburi aromatice policiclice din probele de guvid proaspăt, comparativ, cu cele din probele de guvid fiert și prăjit. Rezultatele obținute indică o modificare a conținutului total de hidrocarburi aromatice policiclice, prin creșterea concentrației în ambele cazuri de pregătire termică a guvizilor.

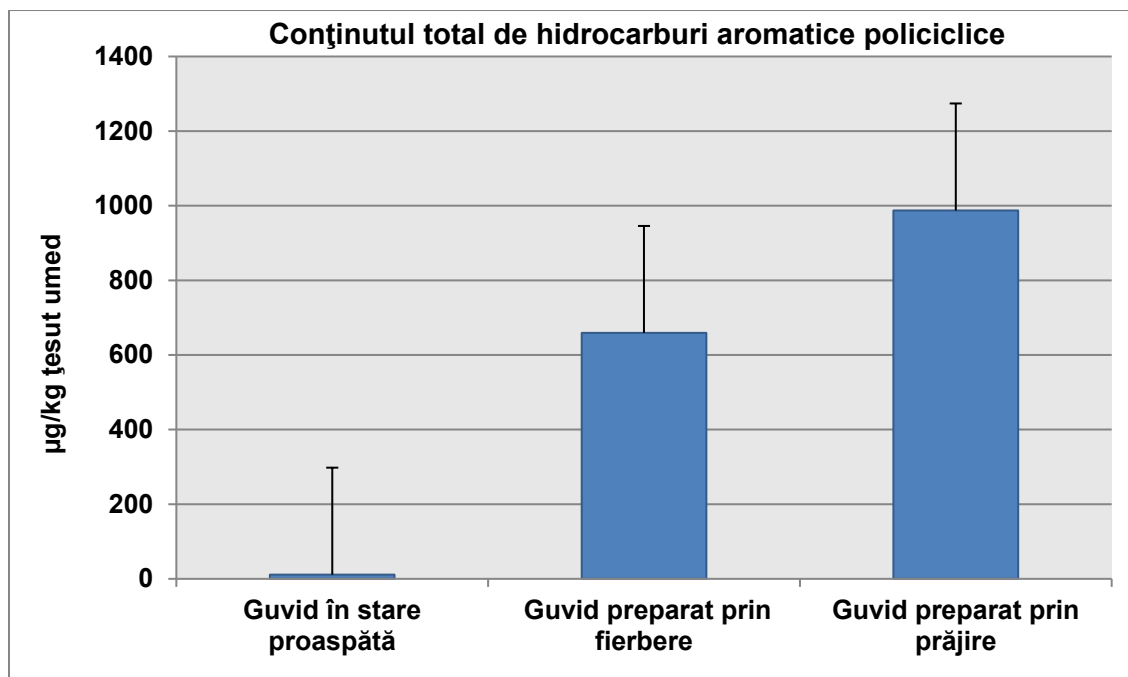


Figura 9.1.12. Conținutul total ( $\Sigma 16\text{HAP}$ ) de hidrocarburi aromatice policiclice în probele de guvid înainte și după aplicarea tehnicilor de preparare

Nivelul de hidrocarburi variază în funcție de procedeul de preparare, observându-se că, prăjirea este o metodă de gătire mai puțin sănătoasă decât fierberea. În timpul prăjirii este generată o cantitate mai mare de compuși toxici care intră în structura peștelui, devenind astfel, o sursă directă de generare a compușilor cu efecte mutagene.

## 9.2. Rezultate și discuții privind conținutul de lipide din organismele marine preparate prin fierbere și prăjire

Rezultatele obținute în cazul organismelor marine preparate prin fierbere au indicat o creștere vizibilă a conținutului lipidic ca urmare a aplicării procesului termic de fierbere (Figura 9.2.2.). Cel mai ridicat conținut lipidic a fost determinat în cazul speciilor *Rapana venosa* și *Sprattus sprattus*, însă nivelul lipidic din specia *Mytilus galloprovincialis* a suferit o ușoară scădere comparativ cu cel regăsit la această specie în stare proaspătă. Fenomen explicat prin faptul că temperatura și perioada de preparare pot afecta conținutul lipidic al alimentelor. În timpul procesului de fierbere poate avea loc descompunerea unor componente grase în produși volatili de tipul aldehidelor, cetonelor, alcoolilor, acizilor și hidrocarburilor care pot fi evaporate prin tratare termică (Purwaningsih et al., 2015).

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

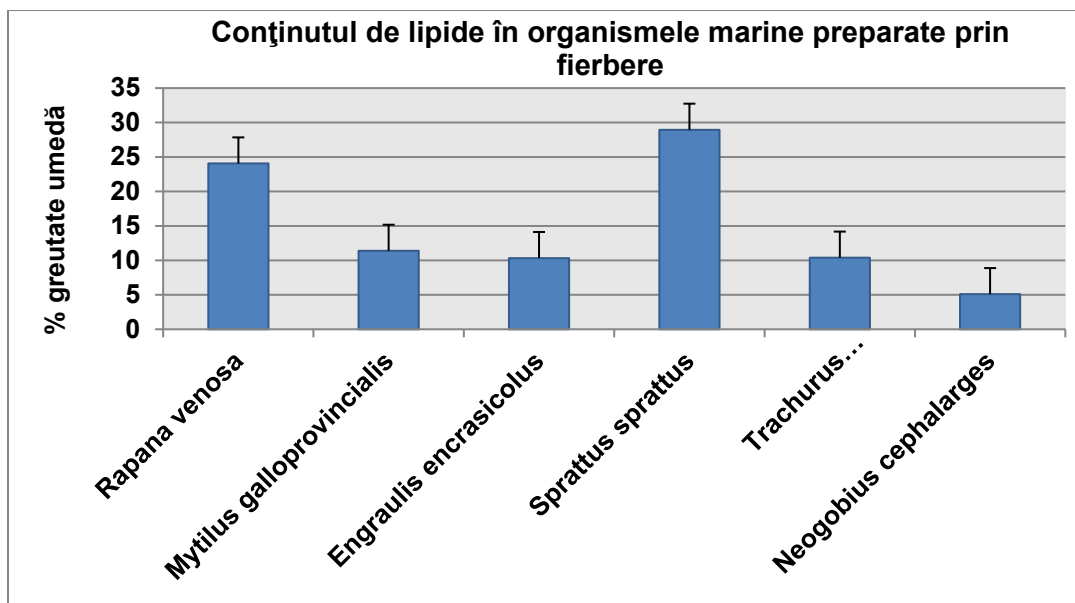


Figura 9.2.2. Conținutul de lipide determinat în organismele marine preparate prin fierbere

Datele obținute cu privire la nivelul lipidic determinat la speciile de moluște și pește preparate prin procesul de prăjire este vizibil mai ridicat decât cel înregistrat la peștele proaspăt și cel preparat prin fierbere (Figura 9.2.3.).

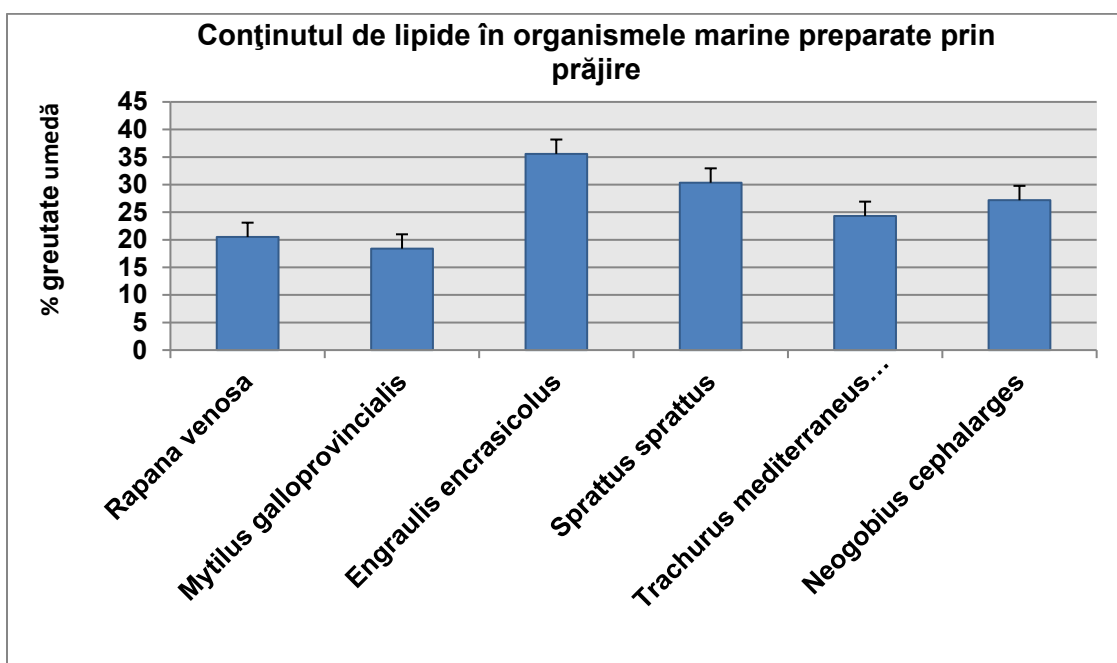


Figura 9.2.3. Conținutul de lipide determinat în organismele marine preparate prin prăjire

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

---

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

Caracteristicile lipidelor din pește suferă modificări în timpul diferitelor procese termice de preparare. Însă prăjirea produce cele mai mari schimbări în compoziția lipidelor din pește și produselor derivate din pește decât alte metode de preparare termică. De exemplu, în timpul procesului de prăjire au loc pierderi mai mari de DHA și EPA (comparativ cu alte metode de preparare). Mai mult, modificările lipidice care apar în timpul prăjirii sunt puternic influențate de durata procesului de prăjire, de conținutul de grăsime al peștelui, de compoziția uleiului de prăjire și tipul tehnologiei de prăjire (*Y. Moradi et al., 2011*).

Corelând nivelul lipidic cu conținutul de hidrocarburi regăsit în organismele preparate prin prăjire se poate evidenția faptul că în timpul prăjirii este generată o cantitate mai mare de compuși toxici care intră în structura peștelui, devenind astfel, o sursă directă de generare a compușilor cu efecte mutagene.



## CONCLUZII PARȚIALE

- În cadrul acestui capitol s-a prezentat metoda cu privire la aplicarea unor tehnici de preparare (fierbere și prăjire) asupra organismelor marine cu scopul evaluării conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice;
- Rezultatele studiului se constituie într-o bază de date privind acumularea hidrocarburilor aromatice policiclice în organisme marine, ca urmare a procesării prin fierbere și prăjire.
- Concentrațiile compușilor individuali, au măsurat valori mai ridicate (*Rapana venosa*-702,64 μg/kg țesut umed; *Mytillus galloprovincialis*-155,01 μg/kg țesut umed; *Sprattus sprattus*-137,02 μg/kg țesut umed; *Engraulis encrasicolus* – 503,35 μg/kg țesut umed; *Trachurus mediterraneus ponticus*-183,85 μg/kg țesut umed; *Neogobius chephalarges*-39,19 μg/kg țesut umed) în organismele marine preparate prin prăjire.
- Rezultatele studiului au arătat că fenantrenul, antracenu și naftalina au fost compuși dominanți în organismele preparate prin fierbere, iar în cele preparate prin prăjire, compușii dominanți au fost fenantrenul, naftalina, fluorenu și antracenu și indeno (1,2,3-c,d) piren.
- Nivelul de hidrocarburi este puternic influențat de procedeul de preparare, prăjirea fiind o metodă de gătire mai puțin sănătoasă decât fierberea. În timpul prăjirii este generată o cantitate mai mare de hidrocarburi aromatice policiclice care influențează calitatea produsului final.
- Rezultatele investigațiilor asupra conținutului lipidic din organismele marine preparate termic prin **fierbere** (*Rapana venosa* – 38 % țesut umed; *Mytilus galloprovincialis*- 13,38 % țesut umed; *Sprattus sprattus* - 35,98% țesut umed; *Engraulis encrasicolus* – 18,26 % țesut umed; *Trachurus mediterraneus ponticus*-14,26 % țesut umed; *Neogobius chephalarges*-4,91% țesut umed) și **prăjire** (*Rapana venosa* – 35,50% țesut umed; *Mytillus galloprovincialis*- 23,31% țesut umed; *Sprattus sprattus* - 36,04% țesut umed; *Engraulis encrasicolus* – 42,58 % țesut umed; *Trachurus mediterraneus ponticus*-29,45 % țesut umed; *Neogobius chephalarges*-27,12 % țesut umed) demonstrează diferențe în comparație cu organismele marine aflate în stare **proaspătă** (*Rapana venosa* - 13,88% țesut umed; *Mytillus galloprovincialis* - 25,59% țesut umed; *Sprattus sprattus* - 31,66% țesut umed; *Engraulis encrasicolus* – 13,62% țesut umed; *Trachurus mediterraneus ponticus*-18,74 % țesut umed; *Neogobius chephalarges*-21,45% țesut umed).
- Nivelul lipidic este semnificativ mai ridicat după ce sunt aplicate cele două tehnici de preparare termică. Mai mult decât atât, aceste modificări lipidice sunt puternic influențate de factori precum durata procesului de preparare, de conținutul de grăsime al peștelui și de tipul de tehnologie aleasă pentru preparare.
- Concluziile obținute ca urmare a corelării nivelului lipidic cu conținutul de hidrocarburi determinat în organismele marine preparate, evidențiază faptul că, în timpul ambelor tehnici de preparare, în special în timpul procesului de prăjire, este generată o cantitate mai mare de compuși toxici care intră în structura peștelui, devenind astfel, o sursă directă de generare a compușilor cu efecte mutagene.

## **10. ANALIZA RISCURILOR ȘI BENEFICIILOR ASUPRA SĂNĂTĂȚII UMANE CA URMARE A CONSUMULUI DE ORGANISME MARINE**

### **10.1. Aspecte generale**

Specimenele marine sunt indicatori fiabili ai bioacumulării hidrocarburilor aromatice policiclice din mediu și au fost folosite pentru a estima riscurile expunerii umane la contaminanți (*Filipa Gomes et al., 2013*).

### **10.2. Obiectivele capitolului 3**

Obiectivul principal al capitolului a constat în evaluarea riscurilor și beneficiilor asupra sănătății umane ca urmare a consumului de organisme marine. Pentru a evalua expunerea umană la contaminanți (hidrocarburi aromatice policiclice) prin ingestie orală, aceasta a fost obținută prin folosirea consumului zilnic estimat și absorbția contaminanților.

## **11. CONSIDERAȚII TEORETICE PRIVIND VALOAREA NUTRIȚIONALĂ A PEȘTILOR**

### **11.1. Generalități privind valoarea nutritivă a peștelui și produselor pescărești**

Peștele și fructele de mare, au o valoare nutritivă ridicată în ceea ce privește conținutul proteic, lipidic, precum și micronutrienții esențiali. În general, organismele acvatice sunt o sursă bogată de proteine și au o densitate calorică mai mică, cu un conținut ridicat de acizi grași polinesaturați cu lanț lung Omega-3 comparativ cu organismele terestre (*Sarvenaz Khalili Tilami et al., 2013*). Conform literaturii de specialitate între consumul de pește, consumul de fructe de mare și efectele benefice asupra sănătății umane există legături puternice, contribuind astfel la scăderea riscului de boli cononariene, cardiovasculare și boli inflamatorii (*Ismail H.M., 2005*).

### **11.2. Influența acizilor grași polinesaturați Omega-3 din pește asupra sănătății umane**

Un aport prea mare de acizi grași Omega-6 este asociat cu efecte adverse asupra sănătății umane, cum ar fi bolile cardiovasculare, diabetul, hipertensiunea, depresia, disfuncțiile neurologice și tulburările imune (*Connor et al., 2000*). De asemenea, în timpul sarcinii și al perioadei neonatale, este necesară o dietă optimă care să conțină o cantitate adecvată de acizi grași Omega-3 esențială pentru dezvoltarea neuronală a fătului. Retina și creierul mamiferelor sunt, în general, foarte bogate în acid docosahexaenoic, iar pentru sistemul nervos al nou-născuților este foarte benefic (*Lauritzen et al., 2001*).

Având în vedere concurența metabolică dintre acizi grași polinesaturați Omega-3 și Omega-6 (*Palmquist et al., 2009*) și proprietățile lor opuse (*Schmitz și Ecker, 2008*), se presupune în general că aportul de Omega-6 este prea mare în dieta actuală. Peștele gras, de

exemplu, conține cantități mari de acizi grași Omega-3 și, prin urmare, reprezintă un ingredient necesar pentru a fi inclus în alimentația umană.

### **11.3. Importanța proteinelor din pește pentru sănătatea umană**

Organismele acvatice au un conținut proteic mult mai ridicat comparativ cu organismele terestre (*Tacon et al, 2013*). În plus, proteinele provenite din organismele acvatice sunt foarte ușor digerabile și bogate în mai multe peptide și aminoacizi esențiali care sunt limitați în cazul proteinelor ce provin din organismele terestre, cum ar fi metionina și lizina. Cu toate acestea, în ultimul deceniu, cercetările s-au concentrat asupra efectelor benefice sănătății ca urmare a consumului de proteine din pește (*Rudkowska et al., 2010*). De asemenea, proteinele hidrolizate din pește sunt considerate superioare din punct de vedere nutrițional datorită compoziției excelente a aminoacizilor.

### **11.4. Importanța vitaminei D, seleniului, calciului și fosforului din pește pentru sănătatea umană**

Pe lângă compoziția sa bogată în lipide și proteine, peștele este, de asemenea, o sursă semnificativă de **vitamina D**. Deficitul de vitamina D conduce printre altele la rahitism, osteomalacie, la o densitate minerală osoasă scăzută și, prin urmare, la osteoporoză.

Conform cercetărilor *lui Mattila et al., 1995* mușchiul de pește provenit de la diferite specii conține între 0,5 și 30 mg de vitamina D/100 g. În plus, s-a arătat, că somonul de crescătorie are un conținut mult mai mic de vitamina D comparativ cu somonul sălbatic și, de asemenea, modul de preparare ar putea avea o influență asupra conținutului final de vitamina D (*Lu et al., 2007*).

**Seleniul** este toxic în doze mari, dar este esențial ca mineral atât pentru animale cât și pentru oameni. La om, seleniul funcționează sub formă de selenoproteine având rol de cofactor pentru reducerea diverselor enzime antioxidante, precum, glutatión peroxidazele și este, de asemenea, responsabil pentru funcționarea glandei tiroide având rol de cofactor pentru trei din cele patru tipuri de hormoni tiroidieni (*Smith et al., 1999*).

**Calciul** este un alt mineral cu rol important în nutriția umană, având rol esențial în cazul densității osoase. Sărurile de calciu oferă rigiditate scheletului, iar ionii de calciu joacă un rol important în multe procese metabolice. Pe lângă produsele lactate, cele mai importante surse de calciu provin din pește și oase de pește. Cantitatea de calciu care se regăsește la pești, moluște și crustacee variază în medie între 26 și 68 mg/100 g, în timp ce, cantitatea de calciu în cazul organismelor terestre este de aproximativ 14 mg/100g (*Tacon și Metian, 2013*)

Conform cercetărilor se sugerează faptul că conținutul de **fosfor** din pește și fructe de mare variază între 204 și 230 mg/100g, fiind o sursă semnificativă de fosfor, comparativ cu cantitatea de fosfor (176mg/100g) ce se regăsește în organismele terestre (*Metian et al., 2013*).

## **12. CONSIDERAȚII TEORETICE PRIVIND BENEFICIILE ȘI RISCURILE ASUPRA SĂNĂTĂȚII UMANE CA URMARE A CONSUMULUI DE PEȘTE**

### **12.1. Beneficii pentru sănătate generate de consumul de moluște**

Beneficiile consumului de moluște se datorează conținutului bogat în proteine, minerale (fier, zinc, potasiu și fosfor) și vitamine (B6, B12) având efecte pozitive asupra organismului. Datorită conținutului scăzut de grăsimi totale și saturate, acestea sunt bogate în acizi grași omega-3, ce contribuie la o inimă sănătoasă. Conform unei cercetări realizate de *Asociația Americană a inimii* acizii grași omega-3, regăsiți în moluște au beneficii cardioprotectoare ([Penny M. Kris-Etherton et al., 2003](#)). Acești acizi grași nesaturați scad nivelul de trigliceride și de grăsime din fluxul sanguin, reducând riscul de atac de cord sau moarte subită din cauza bolilor de inimă.

### **12.2. Beneficii pentru sănătate generate de consumul de pește**

Beneficiile consumului de pește se datorează în principal conținutului ridicat de proteine de înaltă calitate (peștele furnizează 17% din proteinele totale consumate de animale și 6% din proteinele consumate de om), vitamine și alți nutrienți esențiali. Mai mult, spre deosebire de produsele din carne grasă, peștele nu are un conținut ridicat de grăsimi saturate. Peștii grași au un conținut ridicat de două tipuri de acizi grași Omega-3 polinesaturați: acidul eicosapentaenoic (AEP) și acidul docosahexaenoic (ADH). Cel mai recunoscut beneficiu al consumului de pește este asociat cu riscul scăzut de apariție a bolilor cardiovasculare ([W.Becker et al., 2007](#)).

### **12.3. Riscurile pentru sănătate generate de consumul de pește și moluște**

O serie de studii recente au arătat că peștele poate fi, de asemenea, o sursă potențială de contaminanți toxici cunoscuți, cum ar fi mercurul, dibenzo-p-dioxinele policlorinate, dibenzofuranii (DDPC/F), hidrocarburile aromatice policiclice, difenil eterii polibrominați (EDPB), eterii difenilici policlorurați (EDPC) și naftalinele policlorinate (NPC), pentru care informațiile despre expunere și efectele adverse asupra sănătății omului sunt încă limitate ([Jose L. Domingo et al., 2007](#)). Nivelurile foarte ridicate de mercur pot deteriora centrul nervoși la adulți și în cazul fătului sau copilului mic pot perturba dezvoltarea creierului și a sistemului nervos ([Mozaffarian D et al., 2006](#)).

#### **12.3.1. Consumul de pește și bolile de inimă**

Conform cercetărilor americani, frecvența consumului de pește este strâns corelată cu prevenirea afecțiunilor cardiace demonstrându-se că o frecvență a consumului de cel puțin o

dată pe săptămână contribuie la reducerea vizibilă a progresiei aterosclerozei la femeile care au ajuns la menopauză și reducerea estenozei în cazul femeilor diabetice (*Ana Carolina Fernandes et al, 2012*).

În Suedia, conform studiilor, consumul de pește slab de trei ori pe săptămână reduce riscul de accident vascular cerebral la femei (*Socialstyrelsen, 1997*).

Prin urmare, pentru prevenirea bolilor de inimă, se recomandă consumul de pește cu un nivel ridicat de acizi grași omega-3, cum ar fi păstrăvul, somonul, tonul, halibutul, și macroul, de cel puțin trei ori pe săptămână. De asemenea, modul în care este preparat peștele poate sau nu să contribuie la obținerea beneficiilor în prevenirea bolilor de inimă (*Kris-Etherton PM, 2002*).

### **12.3.2. Consumul de pește, afecțiunile neuropsihologice și cataracta**

*Lu și colab. 2012*, au observat o asociere între consumul crescut de pește și riscul scăzut de dezvoltare a cataractei la femei cu vârsta de peste 45 de ani, comparativ cu cele care consumă pește mai rar. Este clar că, consumul de pește poate preveni cataracta, tulburările psihologice precum depresia, simptomele psihotice și pierderea funcției cognitive, în special la femei.

### **12.3.3. Consumul de pește și cancerul**

Conform unui studiu realizat în SUA, consumul crescut de pește (>3/săptămână) este asociat cu reducerea apariției cancerului de prostată la bărbați (*Wilson, J.F, 2004*). Prin urmare, bărbații care consumă pește mai rar de două ori pe săptămână prezintă un risc mai mare de a dezvolta cancer de prostată decât cei care consumă mai frecvent (de mai mult de două ori/săptămână).

## **13. MATERIALE ȘI METODE**

### **13.1. Evaluarea riscurilor potențial toxice și cancerigene asupra sănătății umane ca urmare a consumului de pește și produselor pescărești**

Cu scopul evaluării riscurilor ca urmare a consumului de pește și produse pescărești, a fost realizat un sondaj de opinie la nivelul orașului Constanța, în cadrul căruia au fost chestionate 200 de persoane, adulți (bărbați și femei) și copii.

În urma sondajului au fost obținute informații cu privire la preferințele tipului de pește consumat, modul în care acesta este preparat, starea de prospețime al peștelui în momentul achiziției, locul achiziției peștelui, frecvența cu care se consumă pește și cantitatea de pește consumat, dar și informații cu privire la vârsta și masa corporală a persoanelor chestionate.

Conform întrebării ce aduce în subiect locul preferat de achiziție al peștelui, 85% din persoanele chestionate au afirmat că preferă să achiziționeze peștele din pescărie și doar 15 %

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

sunt cei care preferă peștele din supermarket. În general, în pescării se regăsesc specii de apă dulce și specii marine ce provin din pescuit. Însă, în supermarket regăsim specii din pecuit oceanic, specii provenite din acvacultură și *gustul e foarte mult influențat de condițiile în care este ținut peștele*. Cu excepția macroului, speciile din pescuitul oceanic, cu carnea albă, sunt mai puțin gustoase, comparativ cu speciile pescuite la litoralul românesc al Mării Negre.

Calitatea peștelui consumat este influențată de starea de prospețime a peștelui și de fermitatea cărnii acestuia. Peștele proaspăt are mirosul său specific, fin, de mare, râu sau lac, în funcție de originea lui. Cu cât este mai vechi, cu atât miroase mai puternic. Din punct de vedere nutritiv și peștele congelat își păstrează conținutul de proteine, grăsimi și vitamine care nu sunt afectate în niciun fel de procesul de congelare (*Afsaneh Farhadian et al, 2010*).

Dintre speciile de pește preferate de constănțeni, cel mai consumat este stavridul (75 %), fiind urmat de șprot (17%) și guvid (6%) și cea mai puțin consumată este hamsia (2%), ocupând ultimul loc în clasamentul alimentar al constănțenilor.

Conform rezultatelor, 59 % din populația Constanței consumă pește săptămânal, 19 % consumă ocazional, 14 % consumă pește zilnic și 8 % consumă lunar.

Consumul de pește **ar trebui să fie mereu prezent în preocupările noastre alimentare. Este o sursă excelentă de proteine și de acizi grași esențiali, vitamine și minerale.** Printre modalitățile preferate de constănțeni în privința preparării peștelui primează tratarea termică prin prăjire (48 % dintre persoanele chestionate) însă, această modalitate de preparare conduce la pierderea potențialului sănătos al peștelui, devenind chiar indigest și nociv pentru sănătate prin acumularea unei cantități mai mari de contaminanți ca urmare a scufundării peștelui în ulei la temperaturi ridicate (*Gemma Perelló et al., 2016*). Restul de 52% preferă să consume peștele preparat în alte moduri precum gătit la cuptor (22%), gătit pe grătar (16 %) și gătit prin fierbere (14%).

Evaluarea expunerii umane la contaminanți prin ingestie orală, a fost estimată folosind consumul zilnic estimat și absorbția contaminanților. Asimilarea contaminanților este definită ca fiind consumul de pește zilnic estimat înmulțit cu eficiența absorbției contaminantului în tractul gastro-intestinal uman (*Wang, D.Q. et al., 2013*).

Consumul zilnic total estimat (CZE) și absorbția zilnic total estimată (AZE) a contaminanților dintr-o anumită specie de pește au fost calculate astfel:

$$CZE = \frac{R_{cpește}}{G_c} \sum_{m=1}^x C_m (m = 1, 2, \dots, x) (1)$$

$$AZE = \frac{R_{cpește}}{G_c} \sum_{m=1}^x (C_m * RA_m) (m = 1, 2, \dots, x) (2)$$

unde:

- CZE și AZE reprezintă consumul de pește zilnic total estimat și absorbția contaminanților per greutate corporală prin consumul de pește contaminat pe zi (mg/kg pe zi);
- $R_{cpește}$  reprezintă rata consumului zilnic de pește (kg/zi);
- $G_c$  este greutatea corporală a consumatorului (kg) care a fost calculată ca fiind 69,5 kg la adulți și 39,5 kg la copii;

# ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

- $C_m$  reprezintă concentrațiile contaminanților  $m$  din pește (mg/kg), și valorile acestora au fost măsurate anterior;
- $RA_m$  este rata absorbției intestinale a contaminanților în tractul gastrointestinal uman (%);

## 13.1.1. Calcularea coeficientului de risc

Pentru a înțelege efectele consumului crescut de pește contaminat, a fost aplicat indicele de evaluare al riscului cunoscut sub denumirea de coeficient de risc (CR). Acest coeficient este definit ca fiind raportul dintre rata consumului zilnic de pește ( $R_{cpește}$ ) și rata maximă admisibilă a consumului de pește ( $RC_{lma}$ ), având în vedere efectele potențial cancerigene și non cancerigene ale contaminanților (Yu, Y.X., Zhang et al., 2012).

$$CR = \frac{R_{cpește}}{RC_{lma}} \quad (3)$$

$$CR = R_{cpește} \sum_{m=1}^x \frac{1}{RC_{lma}} * (\text{mai mulți contaminanți cu diferite efecte potențial toxice}) \quad (4)$$

$$RC_{lma} = \frac{NRA * Gc}{\sum_{m=1}^x C_m * FC_m} (\text{pentru efectele potențial cancerigene ale mai multor contaminanți cu efecte potențial toxice similare}) \quad (5)$$

$$RC_{lma} = \frac{Gc}{\sum_{m=1}^x \frac{C_m}{DRF_m}} (\text{pentru efectele non – cancerigene ale contaminanților multipli cu efecte potențial toxice similare}) \quad (6)$$

unde:

- $RC_{lma}$  reprezintă rata maxim admisibilă a consumului de pește (g/zi);
- NRA reprezintă nivelul de risc maxim acceptabil ( $10^{-5}$ );
- $DRF_m$  este doza de referință a contaminantului  $m$  pentru un efect non-cancerigen (mg/kg-zi);
- $FC_m$  reprezintă factorul cancerului indus de un contaminant cu efect cancerigen (mg/kg-zi) și valoarea acestuia (1) a fost preluat din literatură (Ángel Rodríguez-Hernández, 2016).

## 13.1.2. Dozele recomandate privind consumul de pește

Este foarte util pentru consumatorii de pește și produse pescărești să cunoască în ce măsură pot consuma pește fără ca sănătatea lor să fie supusă riscurilor. Prin urmare, s-a calculat numărul de mese admise pe lună, luând în considerare contaminanții privind efectele potențial cancerigene și toxice acute (Liao et Ling, 2003).

$$NCM = \frac{R_{cpește} * PT}{DM} \quad (7)$$



# ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

$$NMR = \frac{NCM}{CR} \quad (8)$$

unde:

- NCM reprezintă numărul actual de mese pe lună pentru fiecare tip de produs pescăresc;
- DM reprezintă dimensiunea mesei (225 g pentru pește);
- PT este perioada medie de timp (lună = 30,44 zile);
- NMR reprezintă numărul maxim recomandat de servire din fiecare aliment pe lună.

## 14. REZULTATE ȘI DISCUȚII

### 14.1. Incidența hidrocarburilor aromatice policiclice în pește și produse pescărești

Conform rezultatelor prezentate în tabelul 14.1.1. se pot observa diferențele înregistrate la nivelurile de contaminanți regăsiți în speciile de pește frecvent consumate de populația constănțeană. Cea mai mare concentrație de hidrocarburi aromatice policiclice (exprimată ca B[a]P<sub>eq</sub>) a fost înregistrată la stavrid (*Trachurus mediterraneus ponticus*), care alături de șprot (*Sprattus sprattus*) a înregistrat cel mai ridicat conținut lipidic (19,78, respectiv, 31,66 % greutate umedă) dintre speciile analizate. Fapt, ce lansează anumite îngrijorări cu privire la efectele potențial cancerigene ale acestor compuși, ca urmare, a consumului crescut de stavrid în rândul populației constănțene.

**Tabel 14.1.1.** Concentrațiile de contaminanți toxici asociați cu efectele potențial cancerigene și non-cancerigene la speciile de pește cel mai frecvent consumate de către locuitorii Constanței

	B[a]P <sub>eq</sub> (ng/g țesut umed)		
	Media±DS	Mediana	P <sub>25</sub> -p <sub>75</sub>
Hamsie ( <i>Engraulis Encrasicolus</i> )	0,0001±1,46	0,0001	0,0001
Șprot( <i>Sprattus sprattus</i> )	0,06±0,05	0,07	0,03-0,11
Stavrid ( <i>Trachurus Mediterraneus Ponticus</i> )	3,81±10,79	18,9309	9,46-28,39
Guvid ( <i>Neogobius Cephalarges</i> )	0,0001±0,0	0,0001	0,0001-0,0001

Acumularea (estimarea consumului zilnic-CZE), de poluanți în organismul uman ca urmare a consumului de pește a fost calculată prin combinarea rezultatelor contaminării probelor și a modului de consum al acestor produse, estimat în urma sondajelor de opinie



**ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE**

**Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)**

realizate populației constănțene. Rezultatele acestor estimări atât pentru adulți, cât și pentru copii sunt prezentate în tabelul 14.1.2.

**Tabel 14.1.2. Valorile medii ale aportului zilnic de pește și produse pescărești de către populația constănțeană.**

Abordarea consumului la jumătate (percentila 50 a consumului)					
Rata de consum la adulți	Hamsie ( <i>Engraulis Encrasicolus</i> )	Șprot ( <i>Sprattus sprattus</i> )	Stavrid ( <i>Trachurus Mediterraneus Ponticus</i> )	Guvid ( <i>Neogobius Cephalarges</i> )	Total
	8,56 g/zi	28,75 g/zi	46,95 g/zi	18,72 g/zi	102,98 g/zi
B[a]P <sub>eq</sub> (ng/g)	1,23±1,7	5,64±7,1	3,85±4,2	2,69±3,81	13,41±15,6
Rata de consum la copii	5,96 g/zi	17,95 g/zi	29,76 g/zi	12,49 g/zi	66,16 g/zi
B[a]P <sub>eq</sub> (ng/g)	0,91±1,8	4,52±5,3	2,75±2,9	1,31±2,1	9,49±11,3
Abordarea consumului la limita superioară (percentila 97,5 din consum)					
Rata de consum la adulți	Hamsie ( <i>Engraulis Encrasicolus</i> )	Șprot ( <i>Sprattus sprattus</i> )	Stavrid ( <i>Trachurus Mediterraneus Ponticus</i> )	Guvid ( <i>Neogobius Cephalarges</i> )	Total
	85,92 g/zi	89,79 g/zi	110,92 g/zi	83,46 g/zi	370,09 g/zi
B[a]P <sub>eq</sub> (ng/g)	4,73±5,6	16,29±8,2	6,72±4,5	5,78±5,2	33,52±43,6
Rata de consum la copii	62,75 g/zi	64,57 g/zi	78,96 g/zi	59,87 g/zi	266,15 g/zi
B[a]P <sub>eq</sub> (ng/g)	2,61±3,6	8,24±7,21	3,25±4,1	4,56±4,3	18,66±32,4

Pentru obținerea coeficientului de risc potențial toxic al hidrocarburilor aromatice policiclice a fost necesară calcularea ratei maxim admise (RC<sub>lim</sub>) al consumului de pește și produse pescărești (g/zi) (*Ángel Rodríguez-Hernández, 2016*). Dacă valoarea coeficientului de risc (CR) este mai mică de 1, nu există riscuri evidente pentru sănătate ca urmare a consumului de pește sau a absorbției contaminanților prin consumul de pește. În cazul în care, valoarea consumului de pește este egal sau mai mare decât valoarea ratei maxim admisibile a consumului de pește atunci, sănătatea populația este expusă riscurilor (*Yingxin Yuet al., 2014*). Conform rezultatelor prezentate în tabelul 14.1.3., valorile ratei maxim admise sunt aproape duble în cazul adulților comparativ cu cele obținute în cazul copiilor, cea mai mare valoare fiind înregistrată în cazul șprotului-*Sprattus sprattus* (1292,0 g/zi).

Valorile coeficientului de risc (CR) ale contaminanților cu efecte potențial toxice au variat în domeniul 0,000-0,0001 în cazul adulților, respectiv, 0,0001-0,0003 în cazul copiilor. Prin urmare, nu există riscuri evidente pentru sănătatea umană în urma consumului de pește și

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

produse pescărești, toate valorile obținute aflându-se sub valoarea prag ( $CR \leq 1$ ) a coeficientului de risc.

**Tabel 14.1.3.** Rata maximă admisă de consum de pește sau alte produse pescărești ( $RC_{lim}$ ) exprimată în g/zi și valorile coeficientului de risc (CR) ale contaminanților cu efecte potențial toxice acute atât la adulți, cât și la copii

<b>B[a]P<sub>eq</sub></b>		
<b>Adulți</b>	<b>CR( coeficient de risc)</b>	<b>Rata maximă admisă de consum de pește sau alte produse pescărești (<math>RC_{lim}</math>) g/zi</b>
Hamsie ( <i>Engraulis Encrasicolus</i> )	0,0001	694,9
Șprot ( <i>Sprattus sprattus</i> )	0,0000	1292,0
Stavrid ( <i>Trachurus Mediterraneus Ponticus</i> )	0,0001	556,5
Guvid ( <i>Neogobius Cephalarges</i> )	0,0001	694,9
<b>Copii</b>		
Hamsie ( <i>Engraulis Encrasicolus</i> )	0,0001	395,0
Șprot ( <i>Sprattus sprattus</i> )	0,0001	564,2
Stavrid ( <i>Trachurus Mediterraneus Ponticus</i> )	0,0003	208,6
Guvid ( <i>Neogobius Cephalarges</i> )	0,0001	395,0

Valorile coeficientului de risc ale contaminațiilor cu efect potențial cancerigen au variat între 0,0036 și 0,0991 în cazul adulților, respectiv, între 0,0037 și 0,0560 în cazul copiilor (tabel 14.1.4). Prin urmare, nu există riscuri evidente pentru sănătate în urma consumului de pește și

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

produse pescărești, toate valorile obținute aflându-se sub valoarea prag ( $CR \leq 1$ ) a coeficientului de risc.

**Tabel 14.1.4.** Rata maximă admisă de consum de pește sau alte produse pescărești ( $RC_{lim}$ ) exprimată în g/zi și valorile coeficientului de risc (CR) ale contaminanților cu efecte potențial cancerigene atât la adulți, cât și la copii

<b>B[a]P<sub>eq</sub></b>		
<b>Adulți</b>	<b>CR( coeficient de risc)</b>	<b>Rata maximă admisă de consum de pește sau alte produse pescărești (<math>RC_{lim}</math>) g/zi</b>
Hamsie <i>(Engraulis Encrasicolus)</i>	0,0123	0,6950
Șprot <i>(Sprattus sprattus)</i>	0,0991	2,969
Stavrid <i>(Trachurus Mediterraneus Ponticus)</i>	0,0036	3,0223
Guvid <i>(Neogobius Cephalarges)</i>	0,0128	0,6950
<b>Copii</b>		
Hamsie <i>(Engraulis Encrasicolus)</i>	0,0109	0,3950
Șprot <i>(Sprattus sprattus)</i>	0,0560	1,1530
Stavrid <i>(Trachurus Mediterraneus Ponticus)</i>	0,0037	2,0866
Guvid <i>(Neogobius Cephalarges)</i>	0,0156	0,3950

În cadrul acestui studiu, valorile ratei maxim admise ale consumului de pește privind efectele cancerigene au fost mai mici decât cele de toxicitate acută. Prin urmare, s-au folosit

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

aceste valori pentru a calcula numărul maxim recomandat de mese din fiecare specie de pește, deoarece nu prezintă riscuri evidente pentru sănătate ca urmare a consumului sau absorbției contaminanților prin consumul de pește (adică un consum care ar permite  $CR \leq 1$  pentru toate tipurile de pește). Conform rezultatelor prezentate în tabelul 14.1.5., se poate observa că, consumul actual de pește depășește consumul maxim recomandat și prin urmare ar fi indicat ca populația constănțeană să reducă consumul de pește pelagic (hamsie, șprot și stavrid), în special adulții.

**Tabel 14.1.5.** Numărul maxim de mese recomandat pe lună pentru fiecare specie de pește (având în vedere potențialul cancerigen calculat)

	Adulți		Copii	
	Consumul actual (mese/lună)	Consumul maxim recomandat (mese/lună)	Consumul actual (mese/lună)	Consumul maxim recomandat (mese/lună)
Hamsie ( <i>Engraulis Encrasicolus</i> )	4,2	3,6	3,8	4
Șprot ( <i>Sprattus sprattus</i> )	9,1	6,5	7,3	8,7
Stavrid ( <i>Trachurus Mediterraneus Ponticus</i> )	1,2	3,3	1,1	1,5
Guvid ( <i>Neogobius Cephalarges</i> )	6,3	8,0	5,1	5,6

### **CONCLUZII PARȚIALE**

- Cu scopul evaluării riscurilor potențial toxice și cancerigene asupra sănătății umane ca urmare a consumului de pește și produse pescărești, este evidențiată modalitatea de calculare a coeficientului de risc;
- În plus, în cadrul acestui capitol pentru a estima riscurile expunerii umane la diferiți contaminanți a fost realizat un sondaj de opinie la nivelul orașului Constanța, cu scopul obținerii unor informații cu privire la consumul de pește, pe baza cărora s-au calculat riscurile potențial toxice/cancerigene și rata de absorbție a hidrocarburilor aromatice policiclice prin consumul de pește;
- În privința menținerii sănătății consumatorilor de pește și fructe de mare este prezentat modul în care pot fi calculate dozele recomandate de specii marine;
- În urma calculării numărului lunar maxim recomandat de mese care pot conține pește și derivate din pește se poate observa că populația constănțeană depășește acest nivel maxim în privința speciilor marine pelagice;
- Pe baza datelor privind contaminarea prin consumul de pește și produse pescărești, calculele au indicat faptul că, toate valorile ratei maxim admise au fost mai mari decât consumul curent, fapt ce, nu ar indica riscuri evidente pentru sănătate datorate consumului sau absorbției de contaminanți prin consumul de pește.
- Concluzionând toate cele prezentate, putem afirma că speciile marine reprezintă o sursă bogată în nutrienți, vitamine, minerale și alți compuși benefici organismului uman cu mențiunea că există riscuri scăzute în privința contaminării cu diverși poluanți organici ca urmare a consumului crescut de pește contaminat.

## **CONCLUZII GENERALE**

- Studiile de cercetare au vizat evaluarea conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice și metalelor grele din specii pelagice (*Engraulis Encrasicolus*, *Sprattus sprattus*, *Trachurus mediterraneus ponticus*), specii bentale (*Neogobius cephalarges*) și moluște (*Rapana venosa* și *Mytilus galloprovincialis*) de la litoralul românesc al Mării Negre în perioada 2016-2018;
- Datele experimentale ale tezei au evidențiat că, fenantrenul, fluorenel și naftalina sunt compuși dominanți în speciile de moluște investigate (*Rapana venosa*, *Mytilus galloprovincialis*). Compușii dominanți în speciile de pește investigate, sunt fenantrenul și naftalina.
- Rezultatele investigațiilor efectuate în 2016-2018 asupra metalelor grele în speciile marine au demonstrat diferențe de distribuție între diferite sectoare ale litoralului românesc, reflectând impactul potențial al presiunilor naturale sau antropice, generate de surse și activități costiere sau off-shore.
- Studiul acumulării hidrocarburilor aromatice policiclice (HAP) în pește și moluște ca efect al aplicării unor tehnici de preparare a permis analiza comparativă a speciilor aflate în stare proaspătă cu cele preparate termic.
- Rezultatele experimentale ale studiului au arătat că fenantrenul, antracenu și naftalina au fost compuși dominanți în organismele preparate prin fierbere, iar în cele preparate prin prăjire, compușii dominanți au fost fenantrenul, naftalina, fluorenel și antracenu și indeno (1,2,3-c,d) piren.
- Concentrațiile compușilor individuali, au măsurat valori mai ridicate (*Rapana venosa*-702,64 μg/kg țesut umed; *Mytilus galloprovincialis*-155,01 μg/kg țesut umed; *Sprattus sprattus*-137,02 μg/kg țesut umed; *Engraulis encrasicolus* – 503,35 μg/kg țesut umed; *Trachurus mediterraneus ponticus*-183,85 μg/kg țesut umed; *Neogobius chephalarges*-39,19μg/kg țesut umed) în organismele marine preparate prin prăjire.
- Nivelul de hidrocarburi a fost puternic influențat de procedeul de preparare, prăjirea fiind o metodă de gătire mai puțin sănătoasă decât fierberea. În timpul prăjirii este generată o cantitate mai mare de hidrocarburi aromatice policiclice care influențează calitatea produsului final.
- Nivelul lipidic a fost semnificativ mai ridicat după ce au fost aplicate cele două tehnici de preparare termică. Mai mult decât atât, aceste modificări lipidice au fost puternic influențate de factori precum durata procesului de preparare, de conținutul de grăsime al peștelui și de tipul de tehnologie aleasă pentru preparare.
- Datele obținute privind contaminarea prin consumul de pește și produse pescărești, au evidențiat faptul că, toate valorile ratei maxim admise au fost mai mari decât consumul

## ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

---

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

curent, fapt ce, nu indică riscuri evidente pentru sănătate datorate consumului sau absorbției de contaminanți prin consumul de pește.

- În privința menținerii sănătății consumatorilor de pește și fructe de mare au fost calculate dozele maxime recomandate de pește și produse pescărești.
- Datele obținute privind numărul lunar maxim recomandat de mese care pot conține pește și derivate din pește depășește nivelul maxim în privința speciilor marine pelagice.

## **CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI PERSPECTIVE DE CONTINUARE A CERCETĂRIILOR**

Teza de doctorat a avut ca obiective principale evaluarea conținutului de hidrocarburi aromatice policiclice (HAP) din organismele marine de interes comercial (pești: hamsie, șprot, stavrid, guvid; moluște: rapana și midie) din zona de coastă a Mării Negre, studiul acumulării acestor compuși ca efect al aplicării unor tehnici de preparare (fierbere și prăjire) și analiza riscurilor și beneficiilor asupra sănătății umane prin monitorizarea consumului de organisme marine. Prin urmare, cunoașterea nivelului de acumulare a acestor compuși din mediul natural, precum și ca urmare a aplicării anumitor metode de preparare termică, conștientizarea beneficiile și riscurilor consumului controlat al peștelui și produselor pescărești reprezintă o prioritate pentru sănătatea fiecărui consumator.

Elementele originale ale tezei sunt reprezentate de speciile marine investigate: specii pelagice (*Engraulis Encrasicolus*, *Sprattus sprattus*, *Trachurus mediterraneus ponticus*), specii bentale (*Neogobius cephalarges*) și moluște (*Rapana venosa* și *Mytilus galloprovincialis*).

Un element de noutate al tezei este reprezentat de zona de prelevare a organismelor marine și anume, Marea Neagră care este o mare semi-închisă cu trăsături unice în ceea ce privește caracteristicile fizico-chimice și biologice. Structura biocenozei Mării Negre este determinată de diversitatea, distribuția în spațiu, numărul și biomasa speciilor componente, dinamica și relațiile dintre speciile care trăiesc și se dezvoltă în mediul marin.

Un alt element reprezentativ al tezei de doctorat este reprezentat de analiza riscurilor și beneficiilor asupra sănătății umane ca urmare a consumului de pește și produse pescărești.



## **DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRII**

### **A. Articole publicate în reviste cotate ISI**

V. Coatu, **N-A. Damir**, A. OROS, L. Boicenco, L.Lazăr, (2018). *Revised Methodology of Black Sea chemical status under water Framework Directive*, Journal of Environmental Protection and Ecology 19, No 2, 601–608;

S. BIRGHILĂ, M.M. BRATU, V. COATU, **N-A Damir**, Levels, *Sources and Risk Characterization of Organochlorine Pesticides in Beer Samples from Romania*, (2020). Revista de chimie, Volum 71, Issue 1, 364-370;

**N-A. Damir**, V. Coatu, E. Botez, E. Pantea, M. Galațchi, S. Birghilă, *Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons content in marine organisms of commercial interest from the Romanian Black Sea coast*, Polycyclic Aromatic Compounds (în curs de publicare).

### **B. Articole publicate în reviste cotate BDI**

Valentina Coatu, **Nicoleta Damir**, Andra Oros, Hakan Atabay, Ertuğrul Arslan Leyla Tolun, Yuriy Denga, Yurii Oleinik, (2020). *Comparative Assessment of Organic Pollution in the Rivers Influenced Area of the North-Western, Western, and Southern Part of the Black Sea*, "Cercetări Marine", Issue no. 50, 26 – 46;

### **C. Articole publicate în reviste necotate**

Coatu Valentina, Oros Andra, **Nicoleta Damir**, Florin Timofte, Luminița Lazăr, (2018); *Bioaccumulation of contaminants in the main links of the pelagic trophic chain on the Romanian Black Sea coast*, Cercetări Marine, Vol.48;

### **D. Articole publicate în volume de conferință**

**N-A Damir**, V. Coatu, Elisabeta Botez, (2018). *Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) content in marine organisms in the Romanian Black Sea Coastal Area*, Conference Proceedings "Global and Regional in Environmental Protection" (GLOREP) ;

### **E. Participare cu comunicări la conferințe naționale**

**Nicoleta-Alexandra Damir**, Valentina Coatu, Elisabeta Botez, (2018). Poster: „*Analysis and identification of the main types of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Black Sea Coastal Area*”, Conferința națională "Scientific Conference of Doctoral Schools SCDS-UDJG, Perspectives and challenges in doctoral research,"Universitatea Dunărea de Jos", Galați, România;

# ASPECTE ȘTIINȚIFICE ȘI NUTRIȚIONALE ALE BIOACUMULĂRII DE HIDROCARBURI AROMATICE POLICICLICE (HAP) ÎN ORGANISMELE ACVATICE DIN ZONA DE COASTĂ A MĂRII NEGRE

Drd. Nicoleta-Alexandra BUCUR (DAMIR)

**Nicoleta-Alexandra Damir**, Valentina Coatu, Elisabeta Botez, (2019). *Assessment of polynuclear aromatic hydrocarbons content in marine organisms of commercial interest at the Black Sea Romanian Coast*, Conferința națională "Scientific Conference of Doctoral Schools SCDS-UDJG, Perspectives and challenges in doctoral research,"Universitatea Dunărea de Jos", Galați, România.

**Nicoleta-Alexandra Damir**, Valentina Coatu, Elisabeta Botez, (2020). Poster: *Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons content from molluscs of commercial interest at the Romanian Black Sea Coast Area in respect with regulated values for human consumption* Conferința națională "Scientific Conference of Doctoral Schools SCDS-UDJG, Perspectives and challenges in doctoral research,"Universitatea Dunărea de Jos", Galați, România.

**Nicoleta-Alexandra Damir**, Valentina Coatu, Elisabeta Botez, (2021) Poster: *"Polycyclic aromatic hydrocarbons content in benthic fish species (Neogobius Cephalarces) from the Romanian Black Sea Area"* Conferința națională "Scientific Conference of Doctoral Schools SCDS-UDJG, Perspectives and challenges in doctoral research,"Universitatea Dunărea de Jos", Galați, România;

## F. Participare cu comunicări la conferințe internaționale

**Nicoleta-Alexandra Damir**, Valentina Coatu, Elisabeta Botez, (2018). Poster: *"Evaluation polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) content in marine organisms in the Romanian Black Sea Coastal Area"*, Conferință Internațională "Global and Regional in Environmental Protection" (GLOREP), Timișoara, România.

**Nicoleta-Alexandra Damir**, Valentina Coatu, Elisabeta Botez, (2019). Poster: *"Assesment of polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs) in fish at the Romanian Black Sea Coast in respect to regulated levels for human consumption"*, Conferință Internațională Sustainable water ecosystems management (SWEM 2019), București;

**Nicoleta-Alexandra Damir**, V.Coatu, E. Botez (2019); Poster: *Polycyclic aromatic hydrocarbons content in pelagic fish from the Romanian Black Sea area*, Conferința internațională "Euroalimint-Innovative Minds for Future Foods", Galați, România;

## G. Elemente precum cărți, studii, cercetări publicate în edituri naționale și internaționale

S. Nicolaev, T. Zaharia A.Oros (editori), *Starea actuală a mediului marin și costier* (2019), editura CD Press București, ISBN 978-606-528-447-0, p 214:

Cap. 1.3.2. Indicatori de contaminare/Hidrocarburi petroliere totale (V. Coatu, **N. Damir**, p 104-105;

Cap. 1.3.2. Indicatori de contaminare/Hidrocarburi aromatice polinucleare. (V. Coatu, **N. Damir**), p 105-108;