

---

REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT

# Evaluarea calității păstrăvului afumat tradițional

---

Doctorand **Alexandru Ilie Sava**

---

Conducător de doctorat **Prof.univ.dr. Vioara Mireșan**

---





## INTRODUCERE

Acvacultura la nivel global înregistrează producții în creștere continuă, cererea pentru pește, fructe de mare și produse asociate acestui sector fiind tot mai mare. Conform Organizației pentru Alimentație și Agricultură a Organizației Națiunilor Unite (FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations), în anul 2020 producția globală din acvacultură a atins 122,6 milioane de tone, care denotă o creștere considerabilă în raport cu anii precedenți. Valoarea totală a acestor producții este estimată la aproximativ 281.5 miliarde de dolari americani (FAO, 2022).

Consumul de păstrăv este popular la nivel global, iar carnea de păstrăv prezintă o calitate ridicată din punct de vedere nutrițional, fiind o sursă bogată de nutrienți esențiali în dieta oamenilor. (Simopoulos, 2002). Metodele de conservare a cărnii de pește sunt esențiale pentru menținerea disponibilității, calității nutriționale și siguranței acesteia. Tehnicile cheie includ refrigerarea, congelarea, sărarea, uscarea, afumarea și conservarea în conserve. Refrigerarea și congelarea sunt utilizate pe scară largă pentru a încetini creșterea microbiană și activitatea enzimatică, prelungind astfel termenele de valabilitate. De exemplu, congelarea peștelui la  $-18^{\circ}\text{C}$  sau mai puțin poate să-l păstreze timp de câteva luni (Tirado et al., 2010).

Afumarea este o metodă tradițională de conservare a peștelui care combină deshidratarea, proprietățile antibacteriene ale fumului și gătirea pentru a prelungi durata de conservare și a îmbunătăți aroma. Afumarea îmbunătățește calitățile senzoriale ale peștelui în timp ce oferă o barieră împotriva microorganismelor care cauzează alterarea și a râncezirii oxidative. Această metodă rămâne populară la nivel global, de la practici tradiționale la operațiuni industriale de mare amploare

Prin intermediul acestei teze de doctorat am dorit să aducem unele contribuții care să asigure siguranța și calitatea păstrăvului afumat tradițional, prin încercarea de a evalua parametrii fizico-chimici, microbiologici și conținutul de hidrocarburi policiclice aromate, care influențează în mod direct siguranța și calitatea produsului.

## SCOPUL ȘI OBIECTIVELE CERCETĂRII

**SCOPUL tezei de doctorat intitulată „Evaluarea calității păstrăvului afumat tradițional” a fost acela de a analiza procesul tehnologic și influența diferitelor tipuri de ambalaje folosite după afumarea tradițională în vederea asigurării calității produsului finit. Obiectivele tezei sunt reprezentate de către:**

1. Sumarizarea cunoștințelor actuale legate de conservarea prin afumarea tradițională a speciei păstrăv curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) și păstrăv fântânel (*Salvelinus fontinalis*);
2. Organizarea dispozitivului experimental într-o fermă cu sistem intensiv de creștere și facilități necesare afumării tradiționale a peștilor;

3. Cercetări privind parametrii fizico-chimici ai păstrăvului afumat tradițional urmăriți pentru determinarea calității, siguranței și a termenului de valabilitate, în diferite tipuri de ambalaj;
4. Cercetări privind parametrii microbiologici ai păstrăvului afumat tradițional urmăriți pentru determinarea calității, siguranței și a termenului de valabilitate, în diferite tipuri de ambalaj;
5. Cercetări privind conținutul de hidrocarburi aromatice policiclice (PAHs) ai păstrăvului afumat tradițional urmăriți pentru determinarea calității, siguranței și a termenului de valabilitate, în diferite tipuri de ambalaj.

## STRUCTURA TEZEI DE DOCTORAT

Teza de doctorat intitulată “ Evaluarea siguranței și calității păstrăvului afumat tradițional prelucrat în diferite tipuri de ambalaje” cuprinde un număr total de 120 de pagini și este structurată pe două părți, respectiv partea I “Stadiul actual al cunoașterii” și partea a-II-a „Contribuția personală”.

1. Stadiul actual al cunoașterii este structurat în patru capitole.
2. Contribuția personală este structurată în șase capitole.

### PARTEA I - Stadiul actual al cunoașterii

Partea I cuprinde 4 capitole și reprezintă o sumarizarea a cunoștiințelor actuale legate de statusul actual al familiei Salmonidae, sisteme de producție în salmonicultură, metode de conservare, conservarea prin afumarea tradițională.

**Capitolul I** este intitulat „Considerații generale referitoare la familia Salmonidae” și include 3 subcapitole respectiv: Salmonicultura la nivel global, european și național; Sisteme de creștere în salmonicultură și Principalele specii de salmonide exploatate în România.

**Capitolul II** este intitulat „Calitatea nutritivă și compoziția chimică a cărnii de păstrăv”. Acest capitol cuprinde 2 subcapitole: Conținutul de proteină al cărnii de păstrăv; Conținutul de lipide al cărnii de păstrăv.

**Capitolul III** este intitulat „Conservarea produselor alimentare: metode de conservare a peștelui” și include 3 subcapitole: Refrigerare și congelare; Sărare și uscare; Afumarea peștelui; Conservele de pește; Metode de prelungire a termenului de valabilitate la produsele piscicole.

**Capitolul IV** este intitulat „Tehnologia afumării produselor piscicole” și include 5 subcapitole: Tipuri de afumare; Materiale lemnoase pentru generarea fumului necesar afumării; Proprietățile fizice și chimice ale fumului; Generarea de fum și Efectele afumării.

## PARTEA a II-a - Contribuția personală

Partea a II-a cuprinde șase capitole și reprezintă contribuția personală. În cadrul acestor capitole, sunt prezentate scopul și obiectivele cercetării, materialul biologic și metodele utilizate, rezultatele studiilor și discuțiile aferente acestora, concluziile generale și recomandările și de asemenea și elementele de originalitate și contribuțiile inovative ale tezei.

**Capitolul V** este intitulat „Scopul și obiectivele cercetării”, fiind prezentate cele 5 obiective enunțate anterior și designul experimental.

**Capitolul VI** este intitulat „Descrierea și caracterizarea unității salmonicole”, cuprinzând particularitățile mediului (fermea salmonicolă) în care s-a realizat cercetarea.

**Capitolul VII** este intitulat „Material și metodă”, unde sunt prezentate următoarele aspecte: materialul biologic, fluxul tehnologic utilizat în vederea obținerii păstrăvului afumat tradițional, metodele utilizate pentru fiecare obiectiv în parte, precum și metodele statistice utilizate pentru analiza avansată a datelor.

**Capitolul VIII** este intitulat „Rezultate și discuții” și cuprinde 4 subcapitole în care sunt prezentate toate rezultatele cercetării și discuțiile bazate pe acestea.

**Capitolul IX** este intitulat „Concluzii generale și recomandări” și cuprinde concluziile generale și recomandările care s-au desprins din rezultatele cercetării.

**Capitolul X** este intitulat „Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei” și cuprinde elementele de originalitate și contribuțiile tezei aduse mediului științific.

## REZULTATELE CERCETĂRII

### Organizarea dispozitivului experimental

Materialul biologic analizat în studiu este reprezentat de 100 exemplare din specia păstrăv curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) (Fig. 1) și 100 exemplare din specia păstrăv fântânel (*Salvelinus fontinalis*) (Fig. 1), provenit din ferma salmonicolă Trecătoarea Ursului din județul Brașov. Numărul de exemplare analizate în studiu a fost de 100 indivizi per lot, în total 200 de exemplare fiind recoltate, preparate și afumate tradițional. Greutatea medie a păstrăvului curcubeu a fost de  $231,3 \pm 0,73$  g, iar lungimea medie totală a fost de  $27,3 \pm 0,58$  cm. Pentru păstrăvul fântânel, greutatea medie a fost de  $216,77 \pm 0,34$ , iar lungimea totală medie a fost de  $26,88 \pm 0,5$  cm.



Fig. 1 Păstrăv curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) și păstrăv fântânel (*Salvelinus fontinalis*)

Toate experiențele și procedurile aplicate pe animale au respectat legislația română (PR 43/2014) și europeană (EC 2010/63/EU) curentă. Studiul a primit aprobarea Comisiei de Bioetică din cadrul Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj-Napoca (Nr. 145/2019) și a respectat toate liniile directoare bioetice relevante pentru studiile pe animale stabilite de Comitetul Instituțional de Bioetică Animală.

Ferma salmonicolă Trecătoarea Ursului, este amplasată pe raza teritorială a orașului Râșnov, județul Brașov, la aproximativ 7 km de centrul orașului, pe Valea Glăjeriei, în apropierea drumului DN73A Râșnov-Predeal. Specificul activității nu produce un impact negativ semnificativ asupra biodiversității zonei, procesele tehnologice acvacoale încadrându-se armonios în specificul zonei montane în care este amplasată. Este o unitate de acvacultură intensivă pentru creșterea salmonidelor și se află la poalele masivului Bucegi (Fig. 2).

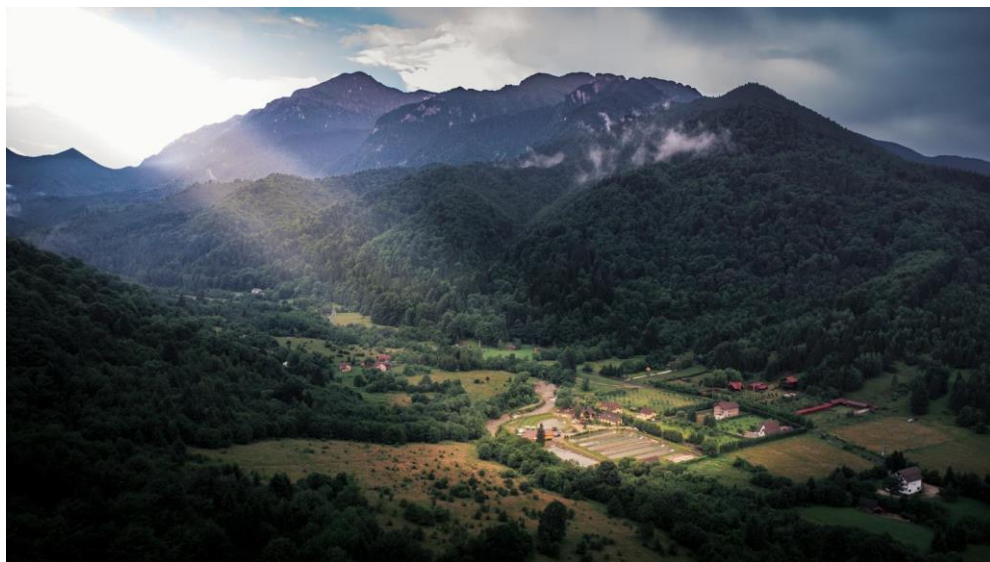
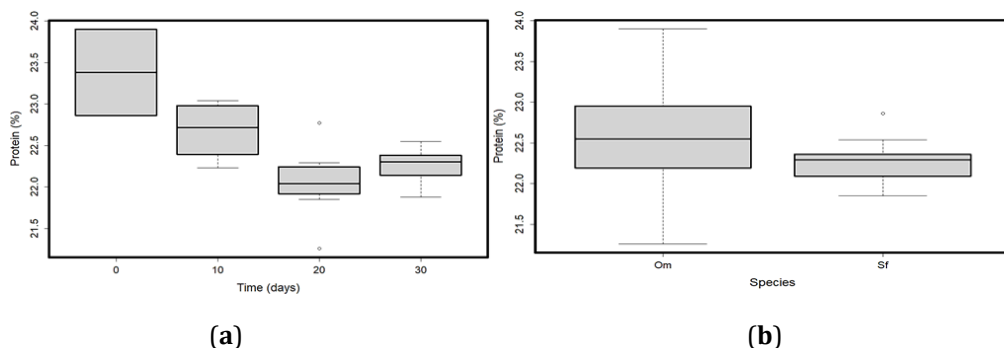


Fig. 2 Vedere generală a păstrăvăriei Trecătoarea Ursului (original)

## Rezultate cu privire la evaluarea parametrilor fizico-chimici ai păstrăvului afumat tradițional

Parametrii fizico-chimici ai produselor sunt influențați de specie, hrană, vârstă, metodă de procesare și alți factori. Conținutul de proteină în peștele afumat a înregistrat o scădere în primele 20 de zile (de la 23,38% la 22,05%), urmată de o ușoară creștere în următoarele 10 zile (până la 22,26%) (Fig. 3.). Conținutul de azot al celor două specii studiate a variat în timpul perioadei experimentale. În cazul

păstrăvului curcubeu, acesta a fluctuat între 3,53 și 3,69%, cu valoarea maximă la T0. Păstrăvul fântânel a prezentat un conținut de azot între 3,52 și 3,66%.



**Fig. 3 (a) Variația valorilor conținutului de proteină în funcție de timp; (b) Valorile conținutului de proteină la cele două specii analizate (*O. mykiss* - Om și *S. fontinalis* - Sf). Graficele prezintă medianele (linia în interiorul cutiei) valorilor, cuartilele 25-75 procente (cutiile), și valorile minimale și maxime, reprezentate cu linii orizontale scurte. Outlier-ii sunt reprezentați cu un semn de cerc deschis.**

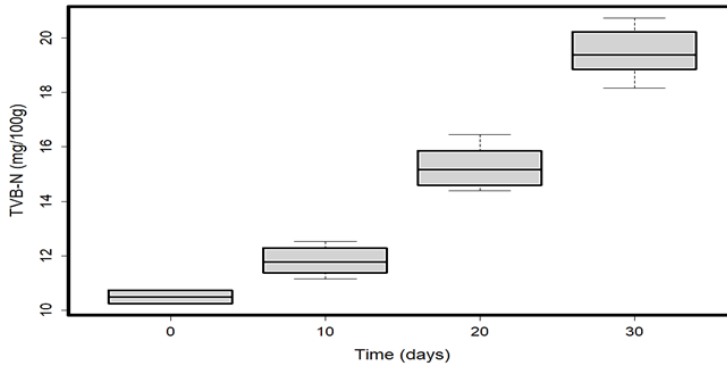
Conținutul de lipide determinat din carne de pește afumat prezentat în acest studiu a înregistrat o tendință descrescătoare pe parcursul perioadelor de prelevare a eșantioanelor. Lipidele sunt esențiale întrucât sunt implicate într-o varietate de procese metabolice, celulare și de semnalizare, inclusiv în construcția membranei celulare, permeabilitatea selectivă, rafturile lipidice și sinteza hormonilor steroizi (van Meer et al., 2008).

Valoarea pH-ului în eșantioanele studiate a fost ușor acidă, variind între 6,22 și 6,39. Çoban et al., 2014, au observat un pH de 6,48 în probele proaspete de păstrăv curcubeu, valoare care a scăzut la 5,75-5,91 după afumare. Kiczorowska et al., 2019 au constatat, de asemenea, o scădere a pH-ului păstrăvului curcubeu, de la 5,9 în probele proaspete la 5,7 în cele afumate.

TVB-N este un parametru utilizat pentru evaluarea gradului de alterare a alimentelor, în special pentru pește. În mod obișnuit, valoarea TVB-N pentru speciile de apă dulce se situează între 10-20 mg/100 g (Ficiclar și Genccelep, 2017). Conform reglementărilor EC 2074/2005 (Commission Regulation (EC), 2005), conținutul de TVB-N nu ar trebui să depășească 25-35 mg/100 g, în funcție de specia de pește. TVB-N este puternic influențat de timpul și temperatura de depozitare.

Am constatat un efect semnificativ al timpului asupra nivelurilor de TVB-N (Fig. 4). Cele mai semnificative diferențe au fost observate între T0 (medie = 10.51 mg/100g, SD = 0.35) și T20 (medie = 15.26 mg/100g, SD = 0.76), respectiv T30 (medie = 19.47 mg/100g, SD = 0.90). De asemenea, s-au înregistrat diferențe semnificative între T10 (medie = 11.82 mg/100g, SD = 0.52) față de T20 și T30, precum și între T20 față de T30. Rezultatele obținute au fost sub pragul maxim permis. Bienkiewicz et al.

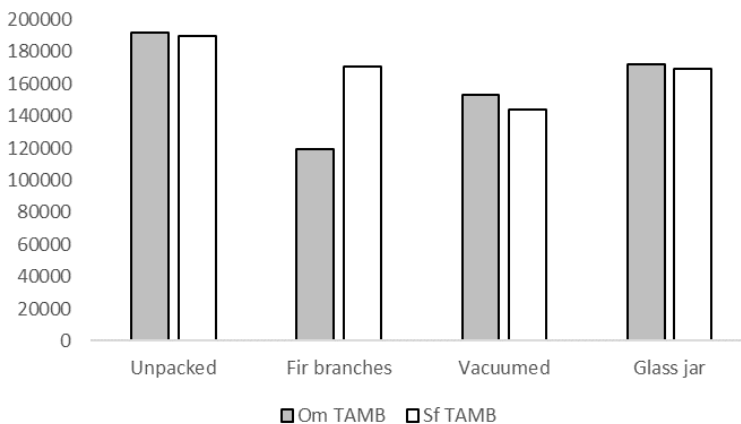
au observat și ei o creștere a valorii TVB-N după afumarea la cald a păstrăvului curcubeu, de la 7 la 9 mg/100 g.



**Fig. 4. Variația valorilor TVB-N în timp. Graficele prezintă medianele (linia în interiorul cutiei) valorilor, cuartilele 25-75 procente (cutiile), și valorile minimale și maximale, reprezentate cu linii orizontale scurte.**

## Rezultate privind parametrii microbiologici ai păstrăvului afumat tradițional

În contextul consumatorilor, gestionarea eficientă a procesului de afumare a peștelui este crucială pentru asigurarea calității și siguranței produsului. Aceasta implică gestionarea complexă a etapelor de recoltare, procesare (inclusiv afumarea), transport, stocare și tipul de ambalaj utilizat, toate acestea fiind factori critici ce pot influența parametrii multiple ai produsului (Wiernasz et al., 2021; Mei și Xie, 2019; Maillet et al., 2021).



**Fig. 4 Valori ale bacteriilor aerobe mesofile totale (TAMB, CFU/g) la cele două specii analizate (O. mykiss - Om și S. fontinalis - Sf) după 30 de zile de depozitare (T30) în diferite tipuri de ambalaj: Unpacked - Vrac; Fir branches - Cobzăș Vacuumed - vidat, Glass jar - borcan**



În cadrul acestei cercetări, analizele microbiologice au inclus detecția speciilor *Salmonella* spp., *E. coli*, *Yersinia* spp., *L. monocytogenes* și TAMB. Din cele cinci parametri microbiologici investigați, au fost identificate doar nivelele detectabile de *E. coli* și TAMB (Fig. 4.). În studiul nostru, încărcătura microbiologică a rămas sub valorile limită. Observația suprimării creșterii bacteriene pe durata stocării, indiferent de tipul de ambalaj și condițiile de depozitare (2-4 °C), a evidențiat eficacitatea tratamentului de afumare la cald în prevenirea proliferării bacteriilor.

Conform literaturii de specialitate, valorile acceptate pentru *E. coli* imediat după finalizarea procesului de producție ar trebui să fie <10 UFC/g, cu o valoare maximă acceptabilă de 10<sup>3</sup> UFC/g pe parcursul duratei de viață a produsului alimentar (Medonca et al., 2020). Numeroase studii au demonstrat că afumarea la cald are efecte inhibitorii asupra patogenilor alimentari precum *L. monocytogenes*, *Aeromonas hydrophila*, *Yersinia enterocolitica*, *E. coli*, aplicabile și în cazul altor produse afumate [Zaki et al., 2021; Abdul-Baten et al., 2020; Rana et al., 2021].

## **Rezultate privind conținutul de hidrocarburi aromatice policiclice (PAHs) a păstrăvului afumat tradițional**

PAH-urile reprezintă compuși aromatici compuși din atomi de carbon și hidrogen, cu două sau mai multe inele de benzen fuzionate, și sunt prezenți ubiquitar în mediul înconjurător. Aceștia sunt formați în principal ca rezultat al activităților umane și pot fi găsiți în alimente expuse la arderea incompletă a materiei organice. Contaminarea cu PAH-uri în alimente are loc atât prin expunerea la medii poluate, cât și în timpul procesării alimentelor, cum ar fi afumarea, uscarea sau grătarul (Chen, 1997; Zelinkova și Wenzl, 2015).

Monitorizarea biologică a expunerii la PAH-uri este de interes primordial, având în vedere răspândirea largă a acestor compuși și relevanța lor toxicologică. 17 PAH-uri au fost identificate ca fiind deosebit de preocupante din punct de vedere al expunerii potențiale și al efectelor adverse asupra sănătății umane (Husein et al., 2016). Unele dintre aceste compuși sunt cunoscute ca fiind posibil sau probabil carcinogene pentru oameni, printre acestea numărându-se Benzo[a]pirenul, Naftalina, Crizena, Benzo[a]antracenu, Benzo[k]fluorantenu și Benzo[b]fluorantenu.

În studiul nostru, deși s-a folosit metoda tradițională de afumare, care implică temperaturi ridicate și expunere directă la fum, din cei cincisprezece PAH-uri analizați, compuși precum Benzo[a]pirenul, Benzo[b]fluorantenu, Benzo[k]fluorantenu, Dibenzo[a,h]antracenu, Benzo[g,h,i]pereienu și Indeno[1,2,3-cd]pirenul au avut niveluri nedetectabile în eșantioane. Celelalte PAH-uri au prezentat proporții variabile în funcție de tipul de ambalaj după 30 de zile de stocare. Totuși, toate determinările au respectat valorile identificate în literatura de specialitate privind conținutul de PAH-uri în produsele din carne afumată [Bogdanović et al.,

2019; Duedhal-Olsen et al., 2010], precum și în reglementările nr. 1881/2006/CE și nr. 1255/2020/CE (European Commission (EC), 2006; Commission Regulation (EU), 2020).

## Concluzii

Prin intermediul acestei teze de doctorat am dorit să aducem unele contribuții care să contribuie la asigurarea siguranței și a calității speciei păstrăv curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) și păstrăv fântânel (*Salvelinus fontinalis*) afumat tradițional prin încercarea de a evalua siguranța și calitatea produsului finit, urmărind influența parametrilor fizico-chimici, microbiologici și conținutul în hidrocarburi policiclice aromate (PAHs).

Procesul tradițional de afumare a peștelui a implicat mai multe etape de procesare precum: recoltare materialului biologic, asomarea, eviscerarea, spălarea, sărarea, desărarea, uscarea, afumarea la cald și în final, răcirea și depozitarea produsului finit. Fiecare etapă a fost realizată cu atenție pentru a asigura calitatea și conservarea peștelui.

În studiul nostru, deși s-a folosit metoda tradițională de afumare, care implică temperaturi ridicate și expunere directă la fum, din cei cincisprezece PAH-uri analizați, compuși precum Benzo[a]pirenul, Benzo[b]fluorantenul, Benzo[k]fluorantenul, Dibenzo[a,h]antracenu, Benzo[g,h,i]pereienu și Indeno[1,2,3-cd]pirenul au avut niveluri nedetectabile în eșantioane. Celelalte PAH-uri au prezentat proporții variabile în funcție de tipul de ambalaj după 30 de zile de stocare.

## Recomandări

Se recomandă utilizarea unor specii de pești care prezintă un conținut de lipide ridicat, precum somonul, păstrăvul, macroul, scrumbia, etc. deoarece acestea absorb mult mai bine fumul și păstrează umiditatea produsului finit ridicată. Se recomandă ca peștele utilizat pentru afumarea tradițională să fie proaspăt recoltat, astfel încât textura musculaturii să fie fermă și să prezinte un miros și aspect plăcut.

În etapa de sărare, se recomandă utilizarea fie a metodei uscate (Alfa și Omega) fie utilizarea unei soluții de saramură (compusă din apă, sare, zahăr și condimente opțional) timp de minim 12 ore pentru a îmbunătăți aroma, textura și a combate dezvoltarea microorganismelor patogene. Se recomandă utilizarea unei temperaturi cuprinsă între 65°C și 85°C, temperatura ideală de afumare fiind în jur de 80°C. Se recomandă utilizarea unor esențe de lemn tare (cum ar fi stejarul, fagul, mărul, cireșul) pentru afumare. Se recomandă evitarea lemnului de esență moale, deoarece acesta conține multă rășină și poate conferi un gust amar produsului final. În ceea ce privește depozitarea produsului, este recomandat să fie păstrat în condiții de refrigerare până la trei-patru săptămâni sau sigilați în vid și congelați pentru depozitare pe termen lung.

## **BIBLIOGRAFIE**

1. Abdul-Baten, M.D; Won, N.E.; Mohibullah, M.D.; Yoon, S.J.; Sohn, J.H.; Kim, J.S.; Choi, J.S. Effect of hot smoking Treatment in improving Sensory and Physicochemical Properties of processed Japanese Spanish Mackerel (*Scomberomorus niphonius*). *Food Sci. Nutr.* 2020, 8, 3957–3968.
2. Bienkiewicz, G.; Tokarczyk, G.; Czerniejewska-Surma, B.; Suryń, J. Changes in EPA and DHA content and lipids quality parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) and carp (*Cyprinus carpio*, L.) at individual stages of hot smoking. *Heliyon* 2019, 5(12), e02964.
3. Chen, B.H. Analysis, Formation and Inhibition of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Foods. An Overview. *J. Food Drug Anal.* 1997, 5, 25–42.
4. Çoban, Ö. E.; Patir, B.; Yılmaz, Ö. Protective effect of essential oils on the shelf life of smoked and vacuum packed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.1792) fillets. *Journal of Food Science and Technology* 2014, 51(10), 2741-2747.
5. Commission Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. *OJ*, 2005, L 338, p.1
6. European Commission (EC). 2010. Directive 2010/63/EU of the European parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. *Off. J. Eur. Union* 2010, L276, 33–79.
7. European Commission (EC). Regulation No. 1881/2006/EC of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs with amendments. *Off. J. Eur. Union.* 2006, L364, pp. 5.
8. Ficiclar B. B.; Genccelep, H. A characterization study of hot smoked rainbow trout for each production stages. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* 2017, 6(2), 411-418.
9. Food and Agriculture Organization (FAO), 2022. The state of world fisheries and aquaculture – Towards blue transformation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2022.
10. Kiczorowska, B.; Samolińska, W.; Grela, E. R.; Bik-Małodzińska, M. Nutrient and mineral profile of chosen fresh and smoked fish. *Nutrients* 2019, 11(7), 1448.
11. Maillot, A.; Denojean, P.; Bouju-Albert, A.; Scaon, E.; Leuillet, S.; Dousset, X.; Jaffrès, E.; Combrisson, J.; Prévost, H. Characterization of Bacterial Communities of Cold-Smoked Salmon during Storage. *Foods* 2021, 10, 362.
12. Mei, J.; Ma, X.; Xie, J. Review on natural preservatives for extending fish shelf life. *Foods* 2019, 8, 490.
13. Mendonca Aubrey, Emalie Thomas-Popo, André Gordon. 2020. Chapter 5 - Microbiological considerations in food safety and quality systems implementation, Editor(s): André Gordon, *Food Safety and Quality Systems in Developing Countries*, Academic Press, Pages 185-260, ISBN 9780128142721,.
14. Rana, M.M.; Mohibullah, M.; Won, N.E.; Baten, M.A.; Sohn, J.H.; Kim, J.-S.; Choi, J.-S. Improved Hot Smoke Processing of Chub Mackerel (*Scomber japonicus*) Promotes Sensorial, Physicochemical and Microbiological Characteristics. *Appl. Sci.* 2021, 11, 2629.
15. Simopoulos, A. P. (2002). Omega-3 Fatty Acids in Inflammation and Autoimmune Diseases. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(6), 495–505.

16. Tirado, M. C., Clarke, R., Jaykus, L. A., McQuatters-Gollop, A., & Frank, J. M. (2010). Climate change and food safety: A review. *Food Research International*, 43(7), 1745–1765.
17. van Meer, G.; Voelker, D. R.; Feigenson, G. W. Membrane lipids: where they are and how they behave. *Nat Rev Mol Cell Biol*. 2008, 9(2):112-24.
18. Wiernasz, N.; Gigout, F.; Cardinal, M.; Cornet, J.; Rohloff, J.; Courcoux, P.; Vigneau, E.; Skírnisdóttir, S.; Passerini, D.; Pilet, M.-F.; Leroi F. Effect of the Manufacturing Process on the Microbiota, Organoleptic Properties and Volatilome of Three Salmon-Based Products. *Foods* 2021, 10, 2517.
19. Zaki, H.M.B.A; Emara, M.M.T.; Abdallah, M.R.S. Effect of smoke duration on compositional analysis, deterioration criteria, microbial profile and sensory attributes of marine and freshwater fish: a comparative study. *Adv. Anim. Vet. Sci*. 2021, 9(8), 1259-1266.
20. Zelinkova Z, Wenzl T. The Occurrence of 16 EPA PAHs in Food - A Review. *Polycycl Aromat Compd*. 2015;35(2-4):248-284. doi:10.1080/10406638.2014.918550