
TEZA DE DOCTORAT

Evaluarea și gestionarea riscurilor din carnea de pește valorificată în consum public într-un areal regional

(REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT)

Doctorand **Silviu Vida**

Conducător de doctorat **Prof. univ. dr. Sorin Daniel Dan**



Introducere

Consumul de pește și produse derivate a cunoscut o expansiune semnificativă în ultimele decenii, pe fondul recunoașterii valorii nutritive deosebite a acestora și a recomandărilor nutriționale internaționale. Peștele constituie o sursă importantă de proteine de înaltă calitate, acizi grași polinesaturați cu rol esențial în menținerea sănătății cardiovasculare și a funcțiilor cognitive, vitamine liposolubile și minerale. Totodată, particularitățile fiziologice și biochimice ale țesuturilor musculare piscicole fac ca acest tip de aliment să fie extrem de perisabil și sensibil la factori de mediu, tehnologici și microbiologici. Pe fondul schimbărilor climatice, al intensificării poluării mediului acvatic și al diversificării metodelor de procesare și conservare, evaluarea calității și siguranței produselor piscicole a devenit o prioritate atât pentru cercetarea fundamentală, cât și pentru domeniul aplicativ al sănătății publice veterinare și umane. În acest context, teza de doctorat de față își propune să ofere o analiză integrată a factorilor care influențează calitatea peștelui, cu accent pe compoziția chimică, prospețimea, contaminarea microbiologică, prezența contaminanților chimici și impactul proceselor de conservare asupra stabilității produselor. Lucrarea este structurată astfel încât să surprindă atât dimensiunea fundamentală, prin aprofundarea mecanismelor de alterare și contaminare, cât și dimensiunea aplicativă, prin relevanța pentru siguranța alimentară, sănătatea publică și industria alimentară.

Stadiul actual al cunoașterii

Capitolul 1 – Importanța consumului de pește și particularitățile compoziției sale chimice

Literatura de specialitate evidențiază variații importante ale compoziției chimice între diferite specii de pești, dar și în cadrul aceleiași specii, în funcție de arealul de proveniență, alimentație, sezon sau expunerea la poluanți. Se confirmă constant rolul proteinelor și al acizilor grași polinesaturați omega-3 în definirea valorii nutritive a peștelui, precum și vulnerabilitatea lipidelor la procesele oxidative, cu efecte asupra stabilității senzoriale și asupra siguranței produselor. Astfel, evaluarea compoziției chimice rămâne un element fundamental în caracterizarea calității peștelui.

Capitolul 2 – Mecanismele de alterare ale cărnii de pește

Prospețimea reprezintă un criteriu esențial pentru acceptabilitatea consumatorului și pentru siguranța alimentară. Indicatorii biochimici și fizico-chimici utilizați în mod frecvent sunt pH-ul, azotul bazic volatil total (TVB-N) și amoniacul, care reflectă modificările metabolice post-mortem. Literatura recentă subliniază că acești parametri trebuie corelați cu factorii microbiologici și cu respectarea strictă a lanțului frigorific, întrucât degradarea accelerată a produselor piscicole este puternic influențată de condițiile de depozitare și manipulare.

Capitolul 3 – Germeni patogeni în carnea de pește

Peștele constituie un substrat propice pentru dezvoltarea unei flore diverse, incluzând bacterii alterante (*Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Shewanella*), dar și specii cu potențial patogen. Numeroase studii au semnalat prezența enterobacteriilor, a *E. coli* și chiar a unor agenți zoonotici în produsele piscicole, ceea ce evidențiază importanța monitorizării continue. Congelarea și refrigerarea contribuie la reducerea riscului microbiologic, însă nu îl elimină complet și nu împiedică procesele de alterare oxidativă. Totodată, literatura atrage atenția asupra rolului speciilor oportuniste patogene (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*) ca indicatori ai igienei și ai calității procesării.

Capitolul 4 – Contaminanți chimici în carnea de pește

O atenție deosebită este acordată contaminanților chimici, în special metalelor grele și hidrocarburilor policiclice aromatice (HPA). Bioacumularea metalelor grele depinde de caracteristicile mediului acvatic și poate afecta semnificativ calitatea ecotoxicologică a peștelui, reprezentând totodată un risc pentru sănătatea consumatorilor. În paralel, procesul de afumare generează HPA, compuși cu potențial carcinogen, strict reglementați la nivel european. Literatura de specialitate confirmă că nivelurile de HPA depind de intensitatea procesului de afumare, de tipul de combustibil utilizat și de condițiile tehnologice, ceea ce impune standarde riguroase pentru a garanta conformitatea și siguranța produselor afumate.

Contribuția personală

Ipoteza de lucru și obiectivele cercetării

Ipoteza de lucru a tezei pornește de la premisa că parametrii compoziționali, microbiologici și chimici ai peștelui sunt influențați atât de factorii intrinseci ai speciei, cât și de factorii extrinseci legați de mediu și de tehnologia de procesare și conservare. Se presupune că poluarea mediului acvatic, metodele de depozitare și procesare, precum și condițiile igienico-sanitare din lanțul alimentar exercită un impact cumulativ asupra calității și siguranței produselor piscicole.

Astfel, teza își propune să demonstreze că o abordare integrată – care combină analizele chimice, biochimice, microbiologice și toxicologice – permite caracterizarea complexă a calității peștelui și formularea unor recomandări aplicative pentru protecția sănătății consumatorului.

Obiectivele generale ale cercetării au vizat:

- Evaluarea comparativă a calității compoziționale, microbiologice și a nivelului de contaminare cu metale grele la păstrăvul curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) și caras (*Carassius carassius*), proveniți din zona de nord-vest a României.
- Evaluarea proceselor de alterare oxidativă și corelarea acestora cu nivelul de contaminare microbiană la peștele congelat.
- Analiza dinamicii încărcăturii microbiene și a producerii de histamină la păstrăvul curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) și macrou (*Scomber scombrus*), în condiții de păstrare pe fulgi de gheață.
- Evaluarea calității compoziționale, a gradului de contaminare microbiană și cu hidrocarburi plociclice aromatice (HPA) a unor sortimente de pește afumat destinate consumului public

Studiul 1 – 1. Evaluarea comparativă a calității compoziționale, microbiologice și a nivelului de contaminare cu metale grele la păstrăvul curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) și caras (*Carassius carassius*), proveniți din zona de nord-vest a României.

Primul studiu a urmărit caracterizarea peștelui proaspăt, cu accent pe păstrăvul curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) și carasul (*Carassius carassius*), două specii reprezentative pentru consumul de apă dulce din România. Cercetarea a vizat compararea probelor provenite din zone cu grad diferit de poluare, pentru a evalua impactul factorilor de mediu asupra calității nutritive și siguranței produsului.

Analiza compozițională a evidențiat un conținut proteic ridicat, confirmând valoarea dietetică a acestor specii. Totuși, exemplarele colectate din arealele contaminate au prezentat o reducere semnificativă a conținutului proteic, sugerând o influență negativă a poluării asupra metabolismului azotat. În paralel, nivelul lipidelor a fost mai crescut la peștii din zonele poluate, aspect ce poate fi explicat prin mecanisme adaptive la stresul de mediu sau prin diferențe în disponibilitatea resurselor trofice. Conținutul de apă a prezentat variații inverse față de lipide, în timp ce valorile collagenului au rămas relativ stabile, indicând o sensibilitate redusă a acestui parametru la factorii de mediu.

Determinarea prospețimii prin parametrii biochimici (NH_3 , TVB-N și pH) a evidențiat valori în general conforme cu limitele acceptate pentru peștii proaspeți sau relativ proaspeți. Totuși, o parte dintre probele provenite din zonele contaminate au depășit pragurile critice pentru TVB-N și pH, semnalând o susceptibilitate mai mare la alterare. Aceste rezultate confirmă observațiile din literatura de specialitate, potrivit cărora factorii de mediu pot accelera degradarea post-mortem și pot compromite calitatea senzorială a peștelui.

În plan microbiologic, încărcătura globală a fost moderată și încadrată în limitele admise, ceea ce atestă o calitate satisfăcătoare a peștelui analizat. Totuși, au fost identificate bacterii oportuniste patogene, inclusiv *Listeria innocua*, specie considerată în general nepatogenă, dar utilizată în prezent ca indicator de igienă și cu potențial zoonotic raportat în literatura recentă. Absența *Salmonella* spp. reprezintă un rezultat pozitiv, sugerând un risc scăzut de transmitere a acestui agent major prin consum.

Determinările asupra metalelor grele au relevat valori scăzute pentru plumb și cupru și absența cadmiului, aspect ce indică un risc toxicologic redus pentru consumatori. Zincul, însă, a prezentat o tendință de creștere în probele provenite din zonele contaminate, confirmând capacitatea acestuia de bioacumulare și rolul său ca biomarker sensibil al poluării acvatice.

În concluzie, studiul demonstrează că păstrăvul și carasul constituie surse nutritive valoroase de proteine și minerale, dar calitatea lor poate fi influențată de gradul de poluare al mediului de proveniență. Integrarea rezultatelor chimice, biochimice și microbiologice subliniază importanța monitorizării stricte a mediilor piscicole, precum și a controlului igienic pe lanțul de producție, pentru a garanta siguranța consumatorilor și menținerea valorii nutritive a peștelui proaspăt.

Studiul 2 – Evaluarea proceselor de alterare oxidativă și corelarea acestora cu nivelul de contaminare microbiană la peștele congelat

Al doilea studiu a urmărit dinamica proceselor oxidative și microbiologice în fileurile de păstrăv curcubeu congelate și depozitate la $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ timp de 12 luni. Scopul a

fost de a evalua eficiența congelării ca metodă de conservare pe termen lung, dar și de a evidenția limitele acestora în menținerea calității produsului.

Determinările asupra oxidării lipidice au arătat o progresie constantă pe durata depozitării. Concentrația de malondialdehidă (MDA), utilizată ca marker al peroxidării, a crescut de la 0,13 mg/kg la început până la 1,07 mg/kg după 12 luni. Depășirea pragului de 1,0 mg/kg, considerat în literatura de specialitate drept limită pentru acceptabilitatea senzorială, indică faptul că procesele de autoxidare continuă chiar și la temperaturi negative. Mecanismele implicate includ acțiunea oxigenului rezidual, prezența ionilor metalici și a pigmentilor hem, care catalizează reacțiile oxidative chiar în absența activității microbiene intense.

Analiza configurației microbiene a evidențiat schimbări progresive pe durata congelării. La momentul inițial, flora a fost diversă, incluzând bacterii alterante precum *Pseudomonas*, *Aeromonas* și *Shewanella*, dar și specii cu potențial patogen, precum *E. coli* și *Vibrio parahaemolyticus*. După 6 luni de depozitare, diversitatea a scăzut semnificativ, fiind selectate bacterii psihrotrofe capabile să supraviețuiască temperaturilor scăzute, în special *Pseudomonas*, *Psychrobacter* și *Acinetobacter*. În paralel, s-a înregistrat o reducere drastică a *E. coli*. După 12 luni, flora s-a simplificat și mai mult, fiind dominată de *Pseudomonas* (~42%), *Psychrobacter* (~32%) și *Shewanella* (~10%), în timp ce bacteriile enterice și patogene au dispărut complet.

Corelarea între parametrii microbiologici și oxidativi a arătat o relație inversă puternică ($r \approx -0,91$) între nivelul de MDA și încărcătura microbiană totală. Această asociere confirmă faptul că procesele de oxidare nu au fost stimulate de metabolismul bacterian, ci de factori nebiologici, ceea ce este plauzibil la $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, unde activitatea microbiană este minimă.

Din perspectiva siguranței alimentare, rezultatele demonstrează că congelarea pe termen lung reduce riscul microbiologic, prin eliminarea treptată a speciilor enterice și patogene, menținând produsul sigur pentru consum chiar și după un an de depozitare. Totuși, oxidarea lipidică limitează stabilitatea senzorială și acceptabilitatea produsului, indicând că siguranța microbiologică nu se suprapune întotdeauna cu stabilitatea organoleptică.

Aceste constatări evidențiază necesitatea unor strategii tehnologice complementare pentru a menține calitatea peștelui congelat pe termen lung. Printre acestea se numără ambalarea în vid sau în atmosferă modificată, utilizarea de materiale cu barieră crescută la oxigen și aplicarea de antioxidanți naturali. Astfel, congelarea la $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ se confirmă ca metodă eficientă pentru siguranța microbiologică, dar insuficientă pentru a preveni degradarea oxidativă, ceea ce impune integrarea altor soluții tehnologice pentru a asigura simultan siguranța și acceptabilitatea produsului.

Studiul 3 – Analiza dinamicii încărcăturii microbiene și a producerii de histamină la păstrăvul curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) și macrou (*Scomber scombrus*), în condiții de păstrare pe fulgi de gheață

Al treilea studiu a evaluat modificările biochimice și microbiologice apărute în peștele păstrat pe fulgi de gheață, având ca modele experimentale păstrăvul curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*) – specie de apă dulce, și macroul (*Scomber scombrus*) – specie marină. Obiectivul a fost determinarea dinamicii alterării pe parcursul perioadei de valabilitate, cu accent pe prospețime, profil microbiologic și potențial toxicologic.

Analiza microbiologică a arătat o creștere constantă a încărcăturii bacteriene totale de la primele zile până la finalul perioadei de depozitare. Deși valorile obținute s-au menținut sub pragurile maxime admise de reglementările europene, s-a constatat că ultimele zile de valabilitate sunt caracterizate printr-o densitate bacteriană mult mai ridicată decât în primele trei zile. Acest fapt confirmă că riscul de alterare crește exponențial odată cu timpul de depozitare. Flora microbiană izolată a fost dominată de bacili Gram-negativi, dintre care *Pseudomonas fluorescens*, *Acinetobacter lwoffii* și *Stenotrophomonas maltophilia*, specii cunoscute pentru capacitatea de a produce alterări organoleptice. În plus, au fost identificate bacterii cu potențial zoonotic, precum *Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica* și *Francisella tularensis*, ceea ce subliniază importanța pregătirii termice corespunzătoare a produselor.

Determinările biochimice au inclus analiza pH-ului și a azotului bazic volatil total (TVB-N), ambii indicatori recunoscuți ai prospețimii. Evoluția pH-ului a urmat o creștere progresivă, corelată cu dezvoltarea microbiană, confirmând literatura de specialitate potrivit căreia activitatea bacteriană generează acumularea de compuși alcalini. Valorile TVB-N au crescut gradual, iar spre finalul depozitării au atins limitele critice stabilite pentru peștii proaspeți.

Un alt parametru de interes a fost nivelul de histamină, implicat în apariția intoxicațiilor alimentare. Determinările au arătat absența histaminei în primele zile de depozitare și valori reduse pe parcurs, sub pragul toxic de 200 mg/kg. Aceste rezultate indică un risc redus de intoxicație histaminică atunci când se respectă condițiile de refrigerare pe gheață. Totuși, acumularea progresivă de histamină confirmă că specii precum macroul pot deveni periculoase dacă lanțul frigorific este întrerupt sau dacă durata de depozitare este prelungită excesiv.

Din perspectiva siguranței alimentare, rezultatele sugerează că păstrăvul și macroul refrigerat pe gheață pot fi consumate în siguranță până în a noua zi de depozitare, interval care asigură un echilibru între acceptabilitatea senzorială și siguranța microbiologică. Depășirea acestei perioade crește riscul de alterare și reduce valoarea nutritivă și senzorială a produselor.

În concluzie, studiul confirmă faptul că refrigerarea pe gheață este o metodă eficientă pentru menținerea calității peștelui pe termen scurt, dar necesită o monitorizare atentă a indicatorilor biochimici și microbiologici. Integrarea acestor parametri în programele de control al calității permite identificarea rapidă a momentului optim pentru consum și reduce riscul de toxinfecții alimentare.

Studiul 4 – Evaluarea calității compoziționale, a gradului de contaminare microbiană și cu hidrocarburi policiclice aromatice (HPA) a unor sortimente de pește afumat destinate consumului public

Cel de-al patrulea studiu a vizat caracterizarea peștelui afumat la rece, analizând patru specii cu relevanță pe piața de consum: păstrăvul curcubeu (*Oncorhynchus mykiss*), somonul (*Salmo salar*), macroul (*Scomber scombrus*), macroul condimentat (*Scomber scombrus*) și șprotul (*Sprattus sprattus*). Obiectivul principal a fost evaluarea particularităților nutriționale, a gradului de prospețime, a calității microbiologice și a contaminării cu hidrocarburi policiclice aromatice (HPA), compuși specifici procesului de afumare.

Analiza compozițională a demonstrat diferențe notabile între specii. Păstrăvul și somonul s-au remarcat printr-un profil nutrițional favorabil, caracterizat printr-un conținut proteic ridicat și un nivel scăzut de lipide, ceea ce le recomandă pentru o alimentație echilibrată, cu aport lipidic redus. În contrast, macroul și macroul condimentat au prezentat concentrații lipidice ridicate, conferindu-le o valoare energetică superioară, dar totodată o susceptibilitate crescută la procese de oxidare. Șprotul a avut cel mai redus conținut proteic, dar s-a evidențiat printr-un nivel crescut de collagen, cu influențe directe asupra texturii și acceptabilității senzoriale.

Determinarea prosperității a arătat variații între specii. Somonul și șprotul au înregistrat depășiri ale valorilor maxime admise pentru TVB-N și, în cazul somonului, și pentru NH₃, ceea ce indică o pierdere a prospețimii înainte de expirarea termenului de valabilitate. Acest aspect sugerează deficiențe în respectarea lanțului frigorific pe parcursul depozitării și distribuției. În schimb, păstrăvul, macroul și macroul condimentat au înregistrat valori încadrate în limitele standard pentru toți parametrii, confirmând menținerea prospețimii pe durata termenului recomandat.

Rezultatele microbiologice au reflectat diferențe semnificative. Somonul și șprotul au prezentat încărcături bacteriene totale ridicate (6 log UFC/g), însoțite de prezența Enterobacteriaceae și *E. coli*, ceea ce converge cu indicii de prospețime nefavorabili și indică posibile deficiențe de igienă post-procesare. Macroul și macroul condimentat s-au situat la niveluri intermediare (5,2 log UFC/g), cu o calitate igienico-sanitară acceptabilă. Păstrăvul a prezentat cel mai bun profil microbiologic, cu valori

scăzute ale NTG (2,6 log UFC/g), sugerând o bună gestionare a procesului de afumare și a condițiilor de depozitare. Absența *Salmonella* spp. a fost un rezultat favorabil, însă izolarea *Listeria welshimeri* a indicat existența unui rezervor ambiental, cu relevanță pentru riscul potențial de *Listeria monocytogenes*.

Determinările asupra contaminanților chimici au vizat în special HPA, compuși reglementați strict la nivel european. Somonul și păstrăvul au înregistrat cele mai mici valori ΣHPA, în timp ce șprotul și macroul s-au situat la nivel intermediar. Macroul condimentat a prezentat concentrații mai ridicate, dar dominate de compuși cu 2–3 inele, considerați mai puțin relevanți din punct de vedere toxicologic. Toate produsele s-au încadrat în limitele pentru benzo[a]piren ($\leq 2,0 \mu\text{g/kg}$), însă macroul afumat necondimentat a depășit ușor limita PAH4 ($12 \mu\text{g/kg}$). Această constatare confirmă faptul că indicatorul decisiv pentru protecția consumatorilor este PAH4, conform reglementărilor europene.

În concluzie, studiul demonstrează că peștele afumat la rece prezintă o valoare nutrițională variabilă, influențată de specie și de tehnologia utilizată. Păstrăvul și somonul se conturează ca sortimente cu valoare dietetică superioară, în timp ce macroul și macroul condimentat necesită o atenție sporită privind stabilitatea oxidativă și nivelul de HPA. Somonul și șprotul s-au dovedit vulnerabile la pierderea prospețimii, subliniind importanța respectării lanțului frigorific. În ansamblu, corelarea rezultatelor compoziționale, microbiologice și toxicologice evidențiază rolul decisiv al controlului tehnologic și al monitorizării oficiale pentru garantarea calității și siguranței peștelui afumat la rece.

Concluzii generale

Cercetările întreprinse în cadrul acestei teze au confirmat valoarea nutritivă ridicată a peștelui, dar și vulnerabilitatea acestuia la factori de mediu, condiții tehnologice și contaminanți microbiologici și chimici.

În ceea ce privește compoziția chimică, păstrăvul și somonul s-au evidențiat printr-un raport proteine/lipide favorabil, confirmând valoarea lor dietetică. În schimb, macroul și macroul condimentat au prezentat niveluri lipidice ridicate, care le conferă o valoare energetică sporită, dar le expun la riscuri crescute de oxidare. Carasul a evidențiat valori reduse de metale grele, sub limitele admise, ceea ce confirmă un risc toxicologic scăzut pentru consumatori. Totodată, zincul s-a conturat drept un biomarker sensibil al influenței poluării mediului acvatic.

Analiza prospețimii peștelui a demonstrat că parametrii biochimici (pH, ABVT, NH_3) și dinamica microbiologică sunt indicatori fiabili pentru evaluarea calității produselor piscicole. Păstrăvul și carasul din areale contaminate, precum și somonul și șprotul afumat, au prezentat o susceptibilitate crescută la alterare, subliniind

importanța respectării stricte a lanțului frigorific pe parcursul manipulării și depozitării.

Din punct de vedere microbiologic, peștele proaspăt și afumat au prezentat o microfloră variată, incluzând bacterii alterante și specii oportuniste patogene. Congelarea s-a dovedit eficientă în reducerea diversității microbiene și în eliminarea speciilor enterice și patogene după 12 luni, ceea ce confirmă rolul acestei metode în reducerea riscului zoonotic. Totuși, prezența bacteriilor psihrotrofe în produsele refrigerate și afumate indică necesitatea unui control igienic strict.

În ceea ce privește procesele oxidative și contaminanții specifici, s-a confirmat că oxidarea lipidică avansează chiar și la temperaturi negative, depășind pragurile de acceptabilitate senzorială după depozitări prelungite.

Histamina, monitorizată în peștele refrigerat păstrat pe fulgi de gheață, a prezentat valori scăzute, ceea ce indică un risc redus atunci când sunt respectate condițiile de refrigerare. În cazul peștelui afumat, nivelurile de hidrocarburi policiclice aromatice s-au încadrat în general în limitele legale, cu o singură depășire minoră a PAH4, confirmând că respectarea parametrilor tehnologici este decisivă pentru siguranța produsului.

Având în vedere rezultatele obținute este necesară abordarea integrată, One Health, care să coreleze datele compoziționale, microbiologice și chimice ale peștelui, apei și mediului înconjurător, în vederea protejării sănătății publice.

Recomandări

Pe baza rezultatelor obținute, se pot formula o serie de recomandări cu caracter științific și aplicativ, destinate atât industriei alimentare, cât și autorităților de control și consumatorilor:

Monitorizarea mediului acvatic și a materiilor prime:

- Se recomandă evaluarea periodică a calității apei și a nivelului de poluanți în arealele piscicole, cu accent pe metalele grele, pentru prevenirea bioacumulării și a impactului asupra valorii nutritive a peștilor.
- Identificarea zincului ca biomarker sensibil impune utilizarea sa în programele de monitorizare ecotoxicologică.

Menținerea lanțului frigorific:

- Este necesară respectarea strictă a temperaturilor optime de depozitare și transport, atât pentru peștele proaspăt, cât și pentru cel afumat, pentru a reduce riscul alterării premature.
- În cazul peștelui refrigerat pe gheață, se recomandă consumul până în a noua zi de păstrare, evitându-se consumul la limita maximă a termenului comercial.

Tehnologii de conservare complementare:

- Congelarea asigură siguranța microbiologică, dar nu previne oxidarea lipidică; de aceea se recomandă utilizarea ambalării în vid, a atmosferei modificate și a antioxidanților naturali pentru menținerea calității senzoriale.
- În cazul peștelui afumat, controlul strict al intensității procesului, al tipului de lemn și al adaosului de condimente este esențial pentru a menține nivelurile de HPA sub limitele legale.

Igiena procesării și manipulării:

- Prezența bacteriilor oportuniste patogene și a speciilor cu potențial zoonotic evidențiază importanța respectării riguroase a normelor de igienă în toate etapele lanțului de producție.
- Se recomandă instruirea personalului și aplicarea programelor HACCP pentru reducerea riscului de contaminare.

Informarea și educarea consumatorilor:

- Produsele piscicole trebuie să fie însoțite de etichete clare privind termenul de valabilitate, condițiile de depozitare și recomandările de preparare.
- Consumatorii trebuie conștientizați asupra necesității gătitului termic corespunzător, în special în cazul peștelui proaspăt sau afumat la rece.
- Aceste recomandări urmăresc să sprijine implementarea unor măsuri integrate de control, care să garanteze menținerea calității și siguranței peștelui pe întregul traseu de la producător la consumator.

Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei

Originalitatea tezei constă în abordarea integrată și comparativă a mai multor specii de pești – păstrăv, curcubeu, caras, macrou, somon și șprot – analizate în forme diferite de prezentare (proaspăt, congelat, refrigerat pe gheață și afumat la rece). Noutatea demersului științific derivă din caracterul complex al cercetării, care îmbină evaluări chimice, biochimice, microbiologice și toxicologice, cu scopul de a obține o imagine completă asupra calității și siguranței alimentare a peștelui.

Un element de originalitate deosebit este reprezentat de corelarea proceselor de alterare oxidativă cu parametrii microbiologici la peștele congelat. Rezultatele au demonstrat că degradarea oxidativă a lipidelor are o dinamică independentă de activitatea bacteriană la temperaturi negative, ceea ce constituie o contribuție nouă la înțelegerea mecanismelor de alterare în condiții de depozitare prelungită. Acest aspect, relativ puțin abordat în literatura de specialitate, susține necesitatea introducerii unor măsuri tehnologice complementare pentru menținerea calității produselor congelate.

De asemenea, teza aduce date originale privind influența poluării mediului acvatic asupra compoziției chimice și microbiologice a peștilor de apă dulce. Identificarea tendinței de bioacumulare a zincului în arealele contaminate și scăderea conținutului proteic la speciile expuse reprezintă contribuții semnificative la evaluarea impactului poluării asupra valorii nutritive a peștelui.

Studiul peștelui afumat la rece a furnizat informații inedite referitoare la relația dintre profilul nutrițional, stabilitatea oxidativă, prospețime și contaminarea cu hidrocarburi policiclice aromatice. Corelarea rezultatelor compoziționale cu valorile de HPA și cu profilul microbiologic aduce o contribuție practică importantă la fundamentarea măsurilor de siguranță alimentară și la optimizarea proceselor tehnologice.

Un alt aspect de originalitate este realizarea unei baze de date complexe, rezultate din aplicarea unor metode standardizate asupra unui material biologic diversificat, ceea ce permite formularea unor concluzii generalizabile pentru mai multe specii și tipuri de procesare. Integrarea acestor date cu reglementările europene privind contaminanții chimici și microbiologici adaugă valoare aplicativă și relevanță practică cercetării.

Prin caracterul său aplicativ, lucrarea contribuie atât la îmbogățirea cunoașterii științifice, cât și la îmbunătățirea strategiilor de control al calității și siguranței peștelui, în concordanță cu principiile abordării „One Health”. Teza demonstrează că evaluarea integrată a factorilor biochimici, microbiologici și chimici reprezintă o premisă esențială pentru protejarea sănătății publice și pentru asigurarea calității produselor piscicole pe întregul lanț alimentar.