

---

# Bioprosesarea ardeilor pentru obținerea unor produse inovative bogate în compuși biologic activi cu aplicații în tehnologiile alimentare

(REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT)

---

Doctorand **Kádár Balázs Csaba**

---

Conducător de doctorat **Prof. Univ. Dr. Adriana Păucean**

---



## 1. INTRODUCERE

Genului *Capsicum* include o varietate extraordinară de specii (sălbaticе/domestice) cuprinzând sute de tipuri, fiecare având caracteristici genetice diferite, și deci proprietăți fizico-chimice și organoleptice diferite (unice). Complexitatea și abundența pigmentilor de colorare (compuși carotenoidici) se reflectă prin variația culorii pe parcursul perioadei de maturare a fructelor, procese prin care spectrul de culori poate varia de la diferite nuanțe de verde, maro, galben, portocaliu până la roșu, negru sau chiar mov. Pe lângă aceste caracteristici, sub acțiunea genei *Pun1* ardeii iuți produc enzime (aciltransferază) care catalizează reacția biochimică de condensare dintre vanililamină și 8-metil-6-nonenoil-CoA, în vederea sintetizării unor alcaloizi (capsaicinoide), ceea ce conferă fructelor diferite grade de pungență (iuțeală).

Cercetările remarcă abundența compușilor cu rol biologic activ în fructele de ardei, printre care se numără acidul ascorbic, compușii fenolici, carotenoide, diferite vitamine etc. Acești compuși sau metaboliții lor, conform cercetărilor exercită multiple beneficii (efecte) asupra organismului (antioxidant, antimutagenic, antiinflamator, cofactori, enzime, etc.), majoritatea acestora fiind regăsiți exclusiv în surse vegetale.

Fermentarea produselor vegetale, sub acțiunea enzimatică a microorganismelor (lactobacili și drojdii) conduce la modificări structurale și compoziționale ale materialului supus fermentării, crescând astfel extracția, biodisponibilitatea și variația compușilor biochimici. Metaboliții secundari (acizi organici) eliminați în mediul fermentescibil, cresc stabilitatea produselor vegetale inhibând activitatea microorganismelor patogene, și crescând astfel siguranța produselor. Având în vedere caracteristicile fizico-chimice și proprietățile reologice ale ardeilor, este aproape imposibilă realizarea unor fermentații controlate, fără pierderi, induse prin efectul termic asupra materiei prime (pasta de ardei).

Prezenta lucrare urmărește analiza biochimică a compușilor specifici genului *Capsicum* și caracterizarea microbiologică a materialului în diverse faze de procesare (fruct proaspăt, material fermentat, produs liofilizat). De asemenea, s-au efectuat analize asupra relației cauză-efect dintre diferite variabile (specie, tip, pungență) și procesul de fermentare.

S-au folosit tehnici avansate (analize HPLC) și determinări microbiologice pentru evidențierea transformărilor și cuantificarea compușilor în materia primă, pasta fermentată (în timpul procesului și la finalul acestuia) și pulberea obținută în urma liofilizării pastei fermentate. Din punct de vedere microbiologic s-a urmărit dinamica microbiană, respectiv capacitatea de adaptare a microorganismelor specifice substratului vegetal, la condițiile specifice unui substrat proteic (produse din carne) în care s-a încorporat pulberea obținută din ardei fermentați.

## 2. SCOP ȘI OBIECTIVE

Scopul prezentei teze, intitulată „Bioprosesarea ardeilor pentru obținerea unor produse inovative bogate în compuși biologic activi cu aplicații în tehnologiile alimentare“ a fost acela de a se efectua o cercetare detaliată asupra materiei prime (diferite tipuri de ardei) și de a se caracteriza (fizico-chimic, microbiologic, analize HPLC) materialul în diferite faze de procesare: materie primă (proaspătă), pastă fermentată, produs fermentat și liofilizat (boia), respectiv de a se analiza efectul pulberii fermentate asupra unor produse din carne (salam crud-uscăt) pe durata maturării acestora.

În vederea atingerii scopului propus, s-au identificat următoarele direcții, stabilite ca obiective generale (**figura 1**) ale prezentei lucrări de cercetare împreună cu sub-obiectivele conexe:

- Identificarea și cuantificarea compușilor biochimici specifici fructelor de ardei, în materialul proaspăt și fermentat, respectiv caracterizarea microbiologică a probelor sub cele două forme:
  - ❖ Analiza comparativă a materialului biologic din punct de vedere fizico-chimic;
  - ❖ Caracterizarea profilului de aromă;
  - ❖ Evaluarea microbiologică a probelor proaspete și fermentate;
- Analiza fizico-chimică și microbiologică a pulberii de ardei, obținute prin liofilizarea pastei fermentate:
  - ❖ Caracterizarea biochimică a pulberii de ardei;
  - ❖ Analiza microbiologică a materialului uscat;
  - ❖ Analiza caracterului antimicrobian/antilevuric a probelor de ardei în diferite stadii de procesare;
- Evaluarea acțiunii pulberii obținute din ardei fermentați asupra proceselor de maturare în cazul produselor din carne (salamuri crud-uscate) și caracterizarea dinamicii populațiilor de lactobacili din surse vegetale, încorporate în matrice proteică:
  - ❖ Determinări fizico-chimice;
  - ❖ Analize microbiologice;
  - ❖ Determinări reologice;
  - ❖ Analize senzoriale;

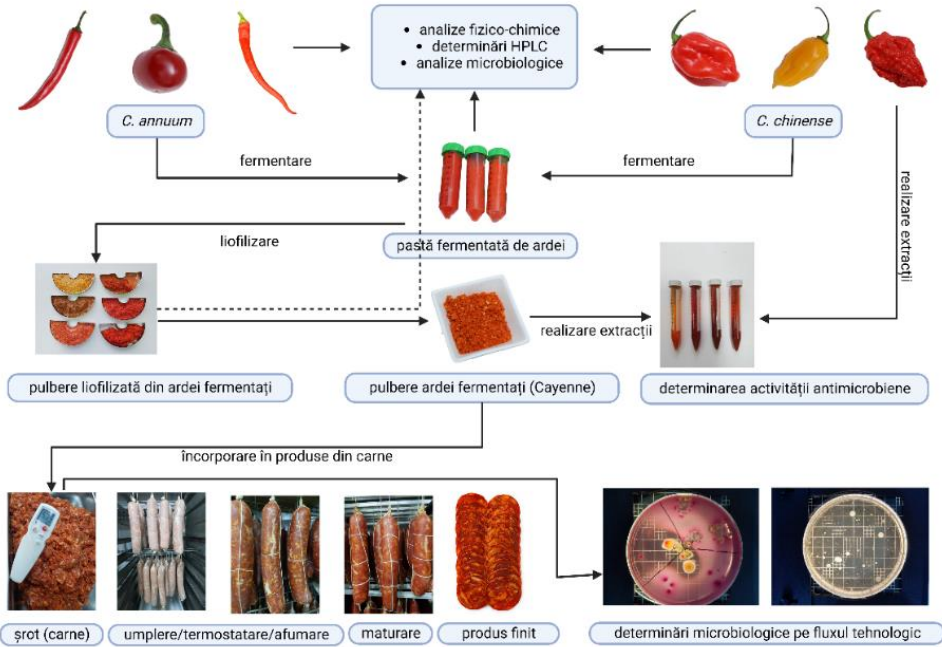


Fig. 1 Représentare schematică a diferitelor obiective specifice urmate în cadrul prezentei cercetări (original)

### 3. STRUCTURA TEZEI

Structura tezei de doctorat „Bioprocésarea ardeilor pentru obținerea unor produse inovative bogate în compuși biologic activi cu aplicații în tehnologiile alimentare” este compusă din două părți fundamentale.

Prima parte, formată din două capitole, tratează aspecte generale cu privire la caracterizarea fructelor de ardei, identificarea, compușilor biochimici, specifici genului *Capsicum*, respectiv descrierea efectelor stimulente ale alcaloizilor (capsaicinoide) asupra senzilor nociceptivi (capitolul 1). De asemenea, prin capitolul 2 sunt expuse date din literatura de specialitate cu privire la fermentarea ardeilor și interacțiunea compușilor specifici și metabolizilor asupra metabolismului celular bacterian (lactobacili și patogeni).

Cea de-a doua parte a lucrării (contribuția personală) cuprinde patru capitole majore, având ca scop, tratarea următoarelor aspecte:

- Capitolul 3 descrie scopul cercetării, respectiv obiectivele și sub-obiectivele specifice;
- Capitolul 4 tratează aspecte legate de obținerea și prelucrarea materialului de analizat, descrierea planului experimental, respectiv enumerarea și descrierea determinărilor (analize fizico-chimice, analize HPLC, analize microbiologice);

- Capitolul 5 (prin trei sub-capitole), face referire la rezultatele experimentelor realizate, respectiv compararea valorilor obținute cu date din literatura științifică;
- Capitolul 6 prezintă concluziile generale, formulate în urma prelucrării datelor și formulează recomandări și noi perspective de cercetare;

## 4. CONTRIBUȚIA PERSONALĂ

### 4.1. Materiale și metode de lucru

Materialul experimental s-a achiziționat de la un producător local, fiind incluse șase tipuri de ardei iute: varietate de tip bulgăresc (*C. annuum*), Cayenne (*C. annuum*), Cherry (*C. annuum*), Habanero roșu (*C. chinense*), Fatalii (*C. chinense*) și Carolina Reaper (*C. chinense*). Alegerea probelor s-a realizat pe criterii de autenticitate (material genetic autentic), culoare (roșie/galbenă), pungentă (variabilă) respectiv grad de coacere. Pentru fermentare s-au utilizat fructele întregi (inclusiv casa seminală), fără peduncul. Durata procesului de fermentare spontană s-a extins pe o perioadă de 21 zile la temperatura de  $20 \pm 1$  °C.

Cercetările prezentate pe parcursul acestei teze de doctorat au fost realizate în cadrul laboratoarelor de Biotehnologii alimentare din Institutul de Științele Vieții, USAMV Cluj-Napoca, Laboratorul de Testare a Calității și Siguranței Alimentelor și Laboratorul pentru Ingineria proceselor și a structurii produselor alimentare din cadrul Facultății de Știința și Tehnologia Alimentelor, USAMV Cluj-Napoca.

### 4.2. Rezultate și discuții

Capitolul 5 prezintă rezultatele experimentelor efectuate și interpretarea statistică a datelor colectate. Capitolul este structurat în trei subcapitole, acestea fiind complementare în vederea atingerii obiectivului major.

Toate determinările s-au realizat în triplicat, rezultatele fiind prezentate ca media  $\pm$  abaterea standard. Pentru prelucrarea statistică a datelor s-a folosit testul de corelații multiple (Testul Duncan), folosind softwareul SPSS 19 (IBM Corp., Armonk, NY, USA), respectiv testul de comparații multiple ANOVA (two-way with replication). Intervalul de încredere a fost de 95%, iar  $p < 0,05$ .

#### 4.2.1. Rezultate privind analiza ardeilor sub formă proaspătă și fermentată

Conform rezultatelor privind analiza probelor de ardei sub formă proaspătă, s-au evidențiat diferențe semnificative statistic ( $p < 0,05$ ) în privința ponderii părților componente (pulpă, placentă și semințe). Acest aspect influențează nu doar umiditatea probelor dar și concentrația biocompușilor analizați. Creșterea procentului de semințe în masa fructului are efect pozitiv asupra conținutului de substanță uscată, însă poate reduce concentrația moleculelor specifice pericarpului (carotenoide). Astfel, ardeii iuți de tip Cayenne, având ponderea cea mai mică de semințe, raportat la fructul întreg, au prezentat conținutul maxim de acid ascorbic total. Conținutul de S.U. a variat

semnificativ atât între probele proaspete (11 - 15%), cât și între probele fermentate (10 - 13%).

Ardeii proaspeți prezintă un conținut ridicat de zaharuri simple, evidențiate prin glucoză (1,3 - 1,9%) și fructoză (1,9 - 2,4%), glucoza servind ca sursă primară de carbon în timpul fermentării ardeilor. Aceste valori s-au redus semnificativ ( $p < 0,01$ ) în urma fermentării probelor. În ardeii fermentați s-a observat o metabolizare de cca. 86 - 100% din cantitatea inițială de glucoză, pe când în cazul fructozei metabolizarea a fost parțială (5 - 47%). Epuizarea carbohidraților s-a realizat concomitent cu metabolizarea acidului malic și citric, respectiv sinteza altor compuși carboxilici (acid lactic și acid acetic).

Concentrarea acidului lactic (1,0 - 1,3%) și acidului acetic (0,30 - 0,49%) în pasta fermentată, a condus la scăderea pH-ului, și implicit la creșterea acidității totale (TAN) a probelor, aspect corelat cu activitate metabolică intensă și creșterea stabilității produselor fermentate.

Concentrațiile crescute de alcaloizi au exercitat un efect temporar inhibitor asupra lactobacililor din pasta de ardei. Acest efect s-a observat pe graficul de fermentare, unde sunt identificate întârzieri de până la 24 - 48h între probele cu pungență moderată și probele foarte- sau extrem de iuți, în privința scăderii valorilor. Pungența ardeilor este dată preponderent de capsaicină și dihidrocapsaicină, aceștia fiind compușii majori regăsiți în toate probele analizate. Probele cele mai pungente fac parte din specia *C. chinese*, ardeii Carolina Reaper fiind cei mai iuți dintre probele analizate (cca. 2 milioane unități Scoville). Prin fermentare, s-a observat o creștere a gradului de extracție (alcaloizi) din țesutul placentar (cu până la 21 - 48%). În același timp s-a observat o creștere a ponderii capsainoidelor minore în probele fermentate.

Acidul ascorbic total, s-a identificat în concentrații de 57 - 135 mg/100g, în probele de ardei proaspeți. Pierderile medii în urma fermentării au fost de cca. 19%, cu valori mai mari în cazul ardeilor foarte iuți, aspect corelat cu efectul inhibitor al capsainoidelor asupra bacteriilor lactic, deci extinderea perioadei de lag și reținerea oxigenului în pastă pe o durată mai lungă de timp.

Rezultatele privind conținutul de compuși fenolici arată un conținut variat (37 - 195 mg/100g), cei mai reprezentativi fiind derivați ai luteolinei și quercetinei. Ardeii recoltați în faza premergătoare coacerii complete (fructe cu nuanțe verzui) prezintă valori maxime, finalizarea procesului de maturare conducând la deprecierea cantitativă a compușilor în structura ardeilor. Procesele enzimatice din perioada fermentării conduc la modificarea profilului chimic, în urma unor reacții de hidroliză parțială, iar în unele cazuri metabolizare completă.

Printre compușii carotenoidici regăsiți în probele proaspete se numără capsantina, zeaxantina, criptoxantina și  $\beta$ -carotenul. Cantitatea preponderentă a acestor compuși se regăsește sub forma unor esteri cu diferiți acizi grași, care conferă stabilitate moleculară ridicată, fără modificarea proprietăților cromofore. Pierderile moderate din timpul proceselor fermentative sunt asociate cu sensibilitatea crescută a  $\beta$ -carotenului la factorii de stres (oxidare). Astfel, ardeii galbeni (Fatalii) au prezentat pierderi semnificativ mai mari ( $p < 0,01$ ) în privința pigmentilor carotenoidici, în comparație cu ardeii roșii, în care predomină capsantina.

Analiza profilului de aromă arată o complexitate mai mare în cazul speciei *C. chinense*. În cazul ardeilor proaspeți predomină compușii alcoolici (2-hexenal, E-2-hexen-1-ol, (E)- și 1-hexanol). În schimb, în cazul probelor fermentate apar diferiți compuși (metaboliți), precum: n-propil acetat,  $\beta$ -linaloolul, 3-metil- hexil ester etc. Compușii aldehidici și carboxilici sunt percepuți la concentrații mult mai scăzute decât compușii alcoolici, oferind produselor fermentate un profil aromatic mult mai complex.

Determinările microbiologice arată o încărcătură microbiană redusă a materiei prime ( $\sim 10^3$  UFC/g), formată preponderent din lactobacili. Nu s-au identificat contaminări cu drojdii, mucegaiuri sau enterobacterii, valoarea acestora fiind  $< 10^2$  UFC/g. Inițierea procesului de fermentare, este condiționată de prezența și activitatea metabolică a lactobacililor. Concentrația alcaloizilor din ardei exercită un efect inhibitor temporar asupra metabolismului celular, efectul de întârziere fiind direct proporțional cu cantitatea de capsaicinoide din probe. Momentul atingerii titrului maxim de microorganisme ( $> 10^8$  UFC/g) este în funcție de pungenta probei analizate și se poate realiza în 24 h în cazul probelor cu pungentă moderată. Lactobaciliii predomină numeric pe durata întregului proces (21 zile), valorile obținute în cazul viabilității lactobacililor și determinările NTG fiind aproape identice. Trebuie menționat însă faptul că, numărul celulelor de drojdii prezintă un model ascendent pe durata procesului, titrul acestora ajungând la  $> 10^6$  UFC/g în ziua 15. Valorile pentru *Enterobacteriaceae* au rămas constante ( $< 10^2$  UFC/g) pe durata experimentelor, nefiind evidențiate contaminări.

#### 4.2.2. Rezultate privind analiza pulberii obținute din ardei fermentați

Liofilizarea probelor de ardei (fermentate) a manifestat un efect de concentrare asupra compușilor de interes.

Analiza glucidelor arată o concentrație crescută de fructoză în probele uscate (liofilizate). Spre deosebire de glucoză, care s-a metabolizat aproape în întregime, nefiind detectat decât în concentrații extrem de reduse, cantitatea de fructoză s-a stabilizat la valori mai ridicate.

Conținutul relativ scăzut de glucide (în comparație cu boiaua convențională) este contracarat de valori ridicate ale conținutului de acizi organici (lactic și acetic), care imprimă produsului un gust unic (dulceag, acid).

Spre deosebire de procesele de uscare convenționale (termice), liofilizarea a permis concentrarea întregii cantități de acid ascorbic (AA). Astfel concentrația de AA total a ajuns la 0,4 – 1,1% în pulberea de ardei, fiind eliminate posibilele pierderi ce apar în timpul uscării termice. Acest aspect este deosebit de important, având în vedere influența vitaminei C asupra stabilității culorii (carotenoidelor) de durata păstrării (depozitării) pulberii de ardei.

Efectul de concentrare s-a realizat și în cazul compușilor fenolici, valoarea totală (procentuală) ajungând la 0,3 – 1,5%.

Concentrația compușilor carotenoidici în pulberea de ardei (fermentați) s-a stabilizat în intervalul 0,05 – 0,25%. În probele roșii, compusul predominant a rămas capsantina, preponderent sub formă esterificată cu diferiți acizi grași, urmat de alte molecule (zeaxantină,  $\beta$ -criptoxantină și  $\beta$ -caroten). În proba Fatalii (galben) compusul predominant a rămas în continuare  $\beta$ -carotenul. Culoarea intensă (vie) în cazul tuturor probelor denotă o conservare foarte bună a compușilor de culoare sub efectul procesului de liofilizare.

Bioprocесarea ardeilor pentru obținerea unor produse inovative bogate în compuși biologic activi cu aplicații în tehnologiile alimentare

---

Analizele microbiologice confirmă o ușoară reducere a viabilității celulare (lactobacili). Chiar și în aceste condiții titrul microorganismelor a fost  $>10^7$  UFC/g în cazul probelor iuți și  $>10^6$  UFC/g în cazul probelor extrem de iuți. Încărcătura celulară în cazul drojdiilor a fost de  $\sim 10^5 - 10^6$  UFC/g în condițiile în care probele au fermentat timp de 21 zile, ținând cont de faptul că, drojdiile colonizează mediul spre finalul perioadei de fermentare. În cazul probelor liofilizate pe parcursul procesului de fermentare (la intervale scurte de timp) numărul celulelor de drojdie a fost semnificativ mai redus ( $\sim 10^2 - 10^4$  UFC/g), în funcție de momentul liofilizării.

Pulberea de ardei nu a prezentat contaminare cu *Enterobacteriaceae*.

#### 4.2.3. Rezultate privind analiza efectului antibacterian/antilevuric

S-au efectuat determinări microbiologice în vederea identificării acțiunii ardeilor (sub diferite forme) asupra microorganismelor patogene sau condiționat patogene (cu grad de risc ridicat în industria alimentară): *Candida albicans* (ATCC 10231), *Candida parapsilosis* (ATCC 22019), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Escherichia coli* (ATCC 8739), *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028).

Rezultatele arată un efect antimicrobian foarte bun al supernatantului (extract apos), obținut din pasta de ardei (proaspătă/fermentată) în cazul *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), asociat cu prezența compușilor fenolici, efectul fiind independent de pungețea probelor analizate. Efectul bactericid s-a păstrat până la 4 - 7 diluții în funcție de probele analizate.

În cazul utilizării extractului metanolic (obținută din 1g probă) s-a observat un efect antimicrobian împotriva tuturor microorganismelor studiate. Extractul produsului liofilizat (Cherry și Habanero), dar și al probei proaspete (Carolina Reaper) au avut efect antilevuric în cazul *C. parapsilosis* (ATCC 22019) și *C. albicans* (ATCC 10231). Efectul antimicrobian a cel fost mai puternic (3 - 4 diluții) în cazul *S. aureus* (ATCC 25923), fiind păstrat și în cazul celorlalte microorganisme (2 - 3 diluții).

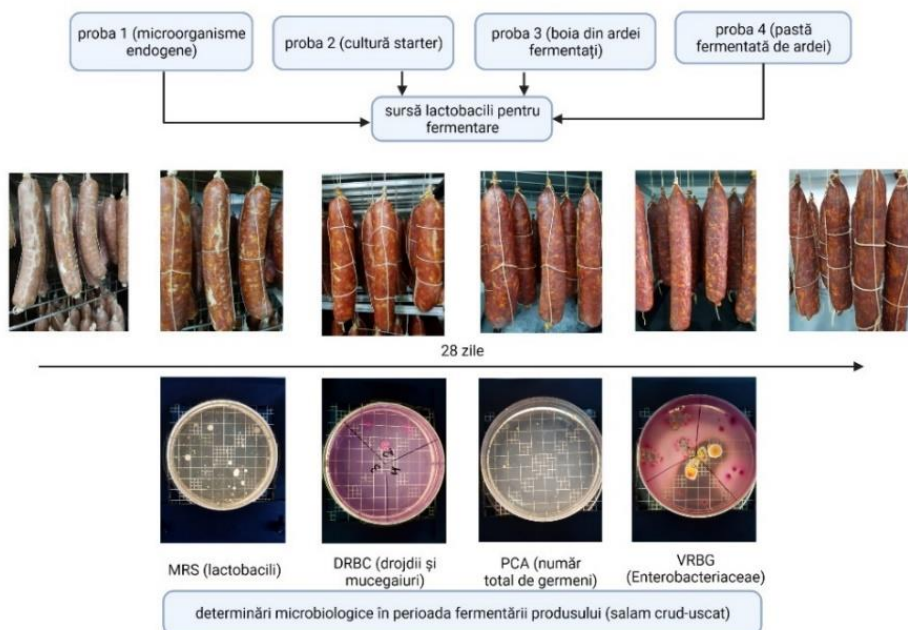
Capsaicinoidele pure (capsaicină și dihidrocapsaicină) au exercitat efecte similare, însă mai slabe.

#### 4.2.4. Rezultate privind aplicabilitatea tehnologică a pulberii fermentate

În acest capitol s-a verificat posibilitatea utilizării (încorporării) pudrei liofilizate pe bază de ardei iuți în cadrul unei rețete de salam crud-uscat. S-au urmărit capacitatea adaptării microorganismelor din surse vegetale la condițiile unui mediu proteic (șrot), respectiv, capacitatea de acidifiere a mediului prin caracterul acid al condimentului și acizii generați în urma activității metabolice a bacteriilor lactice (**figura 3**).

S-au analizat (comparat) patru situații distincte: fermentare spontană sub acțiunea microorganismelor endogene (P1-control negativ), fermentare prin utilizarea unei culturi starter (selecționate) destinate produselor din carne (P2-control pozitiv), utilizarea pudrei liofilizate pe bază de ardei iute (P3) și utilizarea pastei fermentate (P4).





**Fig. 3** Reprezentare schematică al experimentului privind aplicabilitatea pulberii liofilizate în industria cărnii (original)

Acidifierea șrotului a fost evidențiată, imediat, în urma încorporării condimentelor (P3 și P4), pH-ul umpluturii fiind semnificativ mai redus ( $p < 0,05$ ) în cele două probe față de P1 și P2. Viabilitatea inițială a lactobacililor în probele P3 și P4 a fost mult mai mare în comparație cu P1, având o capacitate de adaptare foarte bună, aspect identificat printr-o scădere abruptă a pH-ului, și creșterea viabilității la valori  $> 10^8$  UFC/g în 48 h. Proba P2 a prezentat o evoluție similară, microorganismele selecționate prezentând o afinitate ridicată față de mediu, însă acidifierea a fost mai lentă. Proba martor negativ (P1) a prezentat un decalaj de cca. 24 h față de celelalte probe, acidifierea fiind lentă și dificilă.

Microorganismele din pulberea de ardei au inhibat microorganismele existente pe carne (excluziune celulară), titrul lactobacililor fiind aproape identic cu valorile NTG după cca. 48 – 72h. Nu s-au identificat contaminări cu drojii, mucegaiuri sau *Enterobacteriaceae*, valorile în cazul acestor determinări fiind  $< 10^2$  UFC/g.

Evaluarea senzorială a probelor de salam a arătat caracteristici îmbunătățite în cazul utilizării pulberii obținute din ardei fermentați în tehnologia salamului crud-uscăt, aceasta favorizând dezvoltarea unui profil aromatic mai complex (specific fermentațiilor spontane), și o stabilizare a produsului pe durata maturării, asemenea produselor obținute cu tulpini pure (culturi starter).

## 5. Concluzii și recomandări

Ardeii iuți reprezintă o sursă excepțională de compuși cu rol biologic activ. Printre compușii cei mai reprezentativi se numără capsaicinoidele, compușii fenolici, carotenoidele și acidul ascorbic.

Tehnologia prelucrării ardeilor sub formă de boia implică numeroase operații (uscarea naturală/termică) care fie cresc riscul contaminării cu mucegaiuri (toxine), fie facilitează pierderile unor compuși valoroși sub acțiunea energiei termice.

Fermentarea materiei prime, completată cu procesul de liofilizare a produsului fermentat conduce la obținerea unei pudre valoroase, cu proprietăți organoleptice excepționale, și caracteristici fizico-chimice și microbiologice îmbunătățite.

Fermentarea asigură o creștere a conservabilității compușilor termolabili prin acidifierea mediului, dezvoltarea complexității profilului aromatic și creșterea concentrației de microorganisme benefice (lactobacili) facilitând excludiunea microorganismelor nedorite (mucegaiuri, enterobacterii etc.).

Concentrarea unei cantități crescute de compuși bioactivi în pudra liofilizată, este condiționată de calitatea materiei prime (ardei) și de pierderile apărute în timpul procesului de fermentare.

Durata fermentării este dependentă de diferiți factori fizici (temperatură, timp), chimici (conținutul de capsaicinoide) dar și tehnologici (scopul urmărit). Astfel, activarea microorganismelor (perioada de adaptare) prezintă un efect de întârziere direct proporțional cu creșterea concentrației de capsaicinoide în probe. Odată cu inițiere procesului de fermentare (24 - 72h,  $t=20 \pm 1$  °C), titrul microorganismelor atinge valorile maxime (fază staționară), viabilitatea celulelor de lactobacili fiind relativ uniformă pe durata procesului (21 zile). Înaintarea procesului de fermentare implică o creștere a numărului de celule de drojdii.

Pudra obținută din pastă fermentată de ardei iuți poate fi utilizată în diverse produse, inclusiv produse din carne (salam crud-uscăt), cu rol multiplu: condiment, colorant, acidifiant, conservant, antioxidant, cultură starter. Aceste efecte reprezintă suma acțiunilor compușilor individuali regăsiți în produs, conservați sau sintetizați (*de novo*) în timpul procesului de fermentare și concentrați prin uscare la temperaturi joase.

### 5.1. Elemente de originalitate ale tezei

Elementele de originalitate ale prezentei teze sunt enumerate în cele ce urmează:

- Caracterizarea proceselor de fermentație spontană (fizico-chimic/microbiologic) și analiza influenței alcaloizilor (capsaicinoidelor) asupra proceselor fermentative în cazul utilizării ardeilor iuți cu diferite grade de pungentă;
- Analiza compușilor de culoare (carotenoide), a profilului volatil, respectiv a celorlalți compuși cu rol biologic activ, prin tehnici avansate de cercetare (HPLC-RID, HPLC-DAD-ESI<sup>+</sup>, GC-MS);

- Caracterizarea pulberii de ardei, obținute prin fermentarea spontană a materialului vegetal, ulterior supus procesului de liofilizare (uscarea);
- Utilizarea pulberii fermentate în procesul de obținere al unor produse din carne și evaluarea adaptabilității și dinamicii bacteriene (din surse vegetale), la condițiile substratului proteic (de origine animală);
- Analiza influenței acizilor organici din boiaua de ardei asupra procesului de acidifiere și maturarea produselor din carne crud-uscate;

## 5.2. Perspective de viitor

În urma rezultatelor și discuțiilor descrise, propunem următoarele direcții spre consultare:

- Efectuarea unor analize de secvenționare genetică (teste ADN) pentru caracterizarea microflorei specifice ardeilor și proceselor de fermentare spontană în cazul produselor vegetale (în special ardei);
- Analiza efectului anti-aflatoxinogenic al microorganismelor implicate în procesele de fermentare spontană ale ardeilor și analiza posibilității aplicării proceselor de liofilizare în producția boielei de ardei cu scopul eliminării riscurilor de contaminare cu aflatoxine;
- Analiza unui potențial efect benefic (simbiotic) asupra sănătății umane al consumului de produse vegetale fermentate și uscate (liofilizate), bogate în pigmenți carotenoidici și compuși fenolici;
- Selecția unor specii și tipuri de ardei cu un conținut ridicat de bio-compuși, obținerea la scară largă a pulberii fermentate și analiza stabilității produsului din punct de vedere biochimic și microbiologic pe perioada depozitării;
- Integrarea ardeilor fermentați sub formă de pulbere sau sub forma unor amestecuri de condimente în diferite produse din carne (în special produse crud-uscate) și formularea unor rețete pentru produse alimentare inovative (salamuri sau alte alimente probiotice, pe bază de carne);
- Verificarea posibilității de utilizare și implementare în diferite tehnologii a boielei fermentate și/sau ale altor produse vegetale fermentate și uscate (liofilizate) cu scopul creșterii valorii nutritive, respectiv îmbunătățirii proprietăților senzoriale ale produselor;
- Posibilitatea aplicării proceselor fermentative în vederea producerii și extracției unor compuși biochimici valoroși regăsiți în materiile prime de origine vegetală caracterizate prin calitate deficitară și/sau producerea de pulberi din material vegetal fermentat și uscat destinat consumului uman sau ca supliment furajer;
-