

**UNIVERSITATEA “LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU**  
*FACULTATEA DE ȘTIINȚE AGRICOLE, INDUSTRIE*  
*ALIMENTARĂ ȘI PROTECȚIA MEDIULUI*

***TEZĂ DE DOCTORAT***  
***REZUMAT***

***Conducător științific***  
*Prof. Univ. Dr. Ing. Ovidiu Tița*

***Doctorand***  
*Daniela Naiaretti*

***Sibiu 2015***



**Investește în oameni!**

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013

Titlul proiectului: „Burse Universitare în România prin Sprijin European pentru Doctoranzi și Post-doctoranzi (BURSE DOC-POSTDOC)”

Cod Contract: POSDRU/159/1.5/S/133255

**UNIVERSITATEA “LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU**  
*FACULTATEA DE ȘTIINȚE AGRICOLE, INDUSTRIE  
ALIMENTARĂ ȘI PROTECȚIA MEDIULUI*

Obținerea, caracterizarea și testarea unor filme bioactive cu aplicații în industria alimentară având ca biopolimer de bază amidonul din porumb

***Conducător științific***

*Prof. Univ. Dr. Ing. Ovidiu Tița*

***Doctorand***

*Daniela Naiaretti*

***Sibiu 2015***

<b>CUPRINS</b>	<b>I</b>
<b>LISTA DE ABREVIERI</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA TABELELOR</b>	<b>XIV</b>
<b>LISTA FIGURILOR</b>	<b>XVI</b>
<b>CUVÂNT ÎNAINTE</b>	<b>XXII</b>
<b>INTRODUCERE</b>	<b>XXVI</b>
<b>OBIECTIVELE ȘTIINȚIFICE ALE TEZEI</b>	<b>XXVIII</b>
<b>PLANUL DE REALIZARE AL CERCETĂRII</b>	<b>XXX</b>

**Cuvinte cheie: Filme pe bază de amidon, bioactivitate, filme alimentare.**

## **CUPRINS**

### **PARTEA I: CERCETĂRI BIBLIOGRAFICE REFERITOARE LA FILMELE ALIMENTARE**

	1
1. AMIDONUL: CONSIDERAȚII GENERALE	1
1.1. Structura amidonului	1
1.2. Proprietățile amidonului	4
1.3. Utilizare	6
1.4. Biodegradarea amidonului	7
2. BIOPOLIMERI UTILIZAȚI ÎN INDUSTRIA ALIMENTARĂ	9
2.1. Polizaharide	10
2.1.1. Alginatul de sodiu	11
2.1.2. Caragenanul	11
2.1.3. Celuloza	11
2.1.4. Chitina/Chitosan	11
2.1.5. Curdlanul	12
2.1.6. Gelan	12
2.1.7. Pectina	12
2.1.8. Pululan	12
2.1.9. Xantan	13
2.2. Proteine	13
2.2.1. Colagenul	13
2.2.2. Gelatina	13
2.2.3. Proteinele din soia	14
2.2.4. Proteinele din zer	14
2.2.5. Zeina	14
2.2.6. Cazeinatul de sodiu	14
2.3. Poliesteri alifatici	15
2.3.1. Acidul Polilactic (PLA)	15
2.3.2. Polihidroxi-butirat (PHB)	15
3. AMIDONURI MODIFICATE ȘI FILME PE BAZĂ DE AMIDON	16
3.1. Amidonul acetilat	16
3.2. Caracteristici ale filmelor pe bază de amidon modificat	18
3.3. Materiale termoplastice	19
3.4. Substanțe plastifiante	20
3.5. Materiale obținute din amestecuri ale amidonului cu alte substanțe	21

3.6.	Aplicații ale filmelor pe bază biopolimeri	24
4.	<b>BACTERII LACTICE ȘI MICROORGANISME PATOGENE</b>	25
4.1.	Aspecte generale	25
4.2.	Bacterii lactice folosite la obținerea brânzeturilor	26
4.3.	Microorganisme patogene	27
5.	<b>ULEIURI VOLATILE</b>	29
5.1.	Considerații generale. Proprietăți	29
5.2.	Uleiuri volatile folosite în filmele de amidon	31
	<b>PARTEA II: PARTEA EXPERIMENTALĂ A TEZEI</b>	37
6.	<b>MATERIALE ȘI METODE</b>	37
6.1.	Optimizarea compoziției filmelor compuse din amidon 100%	37
6.2.	Obținerea filmelor compuse din amidon din porumb combinat cu alți biopolimeri	39
6.3.	Analiza comportamentului reologic	40
6.4.	Caracterizarea fizico-chimică a filmelor pe bază de amidon din porumb	42
6.4.1.	Determinarea substanței uscate prin cântărire	42
6.4.2.	Determinarea acidității filmului de amidon	42
6.4.3.	Determinarea conținutului total de cenușă	42
6.4.4.	Determinarea activității apei	43
6.5.	Analiza compoziției și a topografiei filmului de amidon modificat selectat în urma aplicării designului factorial	43
6.6.	Analiza structurii filmelor pe bază de amidon acetilat combinat cu alți biopolimeri	44
6.7.	Determinarea acțiunii antimicrobiene a filmului selectat în urma designului factorial	44
6.8.	Analiza stabilității termice a filmelor pe bază de amidon acetilat din porumb combinat cu alți biopolimeri	46
6.9.	Analiza senzorială a probelor de carne și cașcaval ambalate în filmele pe bază de amidon acetilat din porumb	46
6.9.1.	Descrierea și pregătirea, ambalarea și codarea probelor	47
6.9.2.	Tratamentul termic (refrigerare/congelare)	48
6.9.3.	Analiza senzorială carne	48
6.9.4.	Analiza senzorială cașcaval	51
6.10.	Determinarea influenței tipului de ambalaj asupra caracteristicilor senzoriale	53
6.11.	Analiza microbiologică a probelor de carne și cașcaval ambalate în filmele pe bază de amidon acetilat din porumb	53
6.12.	Biodegradabilitatea filmului de amidon și a celor combinate cu alți biopolimeri	54
7.	<b>REZULTATE ȘI DISCUȚII</b>	55
7.1.	Optimizarea compoziției filmelor din amidon și caracterizarea acestora	55
7.1.1.	Comportamentul reologic al gelurilor formate din amidon acetilat	55
7.1.2.	Biodegradarea filmelor compuse din amidon acetilat din porumb	56
7.1.3.	Influența glicerolului și a acidului acetic asupra activității apei	59
7.1.4.	Influența glicerolului și a acidului acetic asupra conținutului de substanță uscată	60
7.1.5.	Influența glicerolului și a acidului acetic asupra acidității filmului de amidon	60
7.1.6.	Influența glicerolului și a acidului acetic asupra conținutului de cenușă al filmului	61
7.1.7.	Concluzii	62
7.2.	Analiza suprafeței, topografiei și a bioactivității filmului compus din amidon	

acetilat din porumb selectat în urma designului factorial asupra bacteriilor lactice și a microorganismelor patogene	63
7.2.1. Analiza suprafeței filmelor pe bază de amidon acetilat	63
7.2.2. Analiza topografiei filmelor pe bază de amidon acetilat din porumb	64
7.2.3. Acțiunea uleiurilor volatile asupra bacteriilor lactice folosite la obținerea brânzeturilor	65
7.2.4. Acțiunea uleiurilor volatile asupra bacteriilor lactice mezofile folosite la obținerea brânzeturilor	66
7.2.5. Influența uleiului volatil de mentă încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni	68
7.2.6. Influența uleiului volatil de scorțișoară încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni	70
7.2.7. Influența uleiului volatil de fenicul încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni	72
7.2.8. Influența uleiului volatil de cimbru încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni	74
7.2.9. Influența uleiului volatil de ienupăr încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni	76
7.2.10. Influența uleiului volatil de arbore de ceai încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni	78
7.2.11. Influența uleiului volatil de pin încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni	80
7.2.12. Influența uleiului volatil de cedru încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni	82
7.2.13. Influența uleiului volatil de busuioc încorporat în filmul pe bază de amidon acetilat asupra agenților patogeni	84
7.2.14. Influența uleiului volatil de sâmburi de struguri încorporat în filmul pe bază de amidon acetilat asupra agenților patogeni	86
7.2.15. Concluzii	88
7.3. Determinarea comportamentului reologic al gelurilor de amidon acetilat din porumb combinat cu alți biopolimeri	89
7.3.1. Determinarea comportamentului reologic al gelului format din 100% amidon acetilat din porumb	89
7.3.2. Determinarea comportamentului reologic al gelului format din amidon din porumb și alginat de sodiu	90
7.3.3. Determinarea comportamentului reologic al gelului format din amidon din porumb și cazeinat de sodiu	91
7.3.4. Determinarea comportamentului reologic al gelului format din amidon din porumb și xantan	92
7.3.5. Determinarea comportamentului reologic al gelului format din amidon din porumb și k-caragenan	93
7.3.6. Determinarea comportamentului reologic al gelului format din amidon din porumb și chitosan	94
7.3.7. Determinarea comportamentului reologic al gelului format din amidon din porumb și carboximetil celuloză	95
7.3.8. Concluzii	96

7.4.	Analiza suprafeței și structurii filmelor pe bază de amidon acetilat din porumb combinat cu diferiți polimeri	97
7.4.1.	Film format din 100% amidon acetilat din porumb	97
7.4.2.	Film format din alginat de sodiu combinat în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb	97
7.4.3.	Film format din cazeinat de sodiu combinat în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb	99
7.4.4.	Film format din xantan combinat în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb	99
7.4.5.	Film format din k-caragenan combinat în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb	102
7.4.6.	Film format din chitosan combinat în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb	102
7.4.7.	Film format din carboximetil celuloză combinată în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb	105
7.4.8.	Concluzii	105
7.5.	Caracterizare din punct de vedere fizico-chimic a filmelor obținute	107
7.6.	Comportamentul termic al filmelor pe bază de amidon din porumb combinat cu diferiți biopolimeri	108
7.6.1.	Comportamentul termic al filmului format din 100% amidon acetilat din porumb	108
7.6.2.	Comportamentul termic al filmului format din alginat de sodiu combinat cu amidon acetilat din porumb	109
7.6.3.	Comportamentul termic al filmului format din cazeinat de sodiu combinat cu amidon acetilat din porumb	110
7.6.4.	Comportamentul termic al filmului format din xantan combinat cu amidon acetilat din porumb	111
7.6.5.	Comportamentul termic al filmului format din chitosan combinat cu amidon acetilat din porumb	112
7.6.6.	Comportamentul termic al filmului format din k-caragenan combinat cu amidon acetilat din porumb	113
7.6.7.	Comportamentul termic al filmului format din carboximetil celuloză combinată cu amidon acetilat din porumb	114
7.6.8.	Concluzii	115
7.7.	Biodegradarea filmelor pe bază de amidon acetilat din porumb combinat cu alți polimeri	116
7.7.1.	Evoluția biodegradării filmelor compuse din 100% amidon acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații	116
7.7.2.	Evoluția biodegradării filmelor compuse din alginat de sodiu combinat cu amidon acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații	117
7.7.3.	Evoluția biodegradării filmelor compuse din cazeinat de sodiu combinat cu amidon acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații	118
7.7.4.	Evoluția biodegradării filmelor compuse din xantan combinat cu amidon acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații	119
7.7.5.	Evoluția biodegradării filmelor compuse din chitosan combinat cu amidon acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații	120
7.7.6.	Evoluția biodegradării filmelor compuse din k-caragenan combinat cu amidon	

acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații	121
7.7.7. Evoluția biodegradării filmelor compuse din carboximetil celuloză combinată cu amidon acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații	122
7.7.8. Concluzii	123
7.8. Analiza senzorială a probelor de carne și cașcaval ambalate în filmele pe bază de amidon acetilat din porumb selectate în urmă analizelor efectuate	124
7.8.1. Analiza senzorială a probelor de carne de-a lungul perioade de testare	124
7.8.1.1. Analiza senzorială a probelor martor de carne de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C	124
7.8.1.2. Analiza senzorială a probelor de carne ambalate în filmul de amidon de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C	125
7.8.1.3. Analiza senzorială a probelor de carne ambalate în filmul de alginat de sodiu de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C	126
7.8.1.4. Analiza senzorială a probelor de carne ambalate în filmul de k-caragenan de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C	127
7.8.1.5. Analiza senzorială a probelor de carne ambalate în filmul de carboximetil celuloză de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C	128
7.8.2. Analiza senzorială a probelor de cașcaval de-a lungul perioadei de testare	129
7.8.2.1. Analiza senzorială a probelor martor de cașcaval de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C	129
7.8.2.2. Analiza senzorială a probelor de cașcaval ambalate în filmul de amidon de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C	130
7.8.2.3. Analiza senzorială a probelor de cașcaval ambalate în filmul de alginat de sodiu de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C	131
7.8.2.4. Analiza senzorială a probelor de cașcaval ambalate în filmul de carboximetil celuloză de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C	132
7.8.2.5. Analiza senzorială a probelor de cașcaval ambalate în filmul de k-caragenan de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C	133
7.8.2.6. Concluzii	134
7.8.3. Influența tipului de ambalaj utilizat asupra caracteristicilor senzoriale ale probelor de carne și cașcaval	135
7.8.3.1. Influența tipului de ambalaj utilizat asupra aspectului probelor de carne și cașcaval	135
7.8.3.2. Influența tipului de ambalaj utilizat asupra culorii probelor de carne și cașcaval	136
7.8.3.3. Influența tipului de ambalaj utilizat asupra consistenței probelor de carne și cașcaval	137
7.8.3.4. Influența tipului de ambalaj utilizat asupra mirosului probelor de carne și cașcaval	138
7.8.3.5. Concluzii	138
7.9. Analiza microbiologică a probelor de carne și cașcaval ambalate în filmele selectate	139
7.9.1. Determinarea numărului total de germeni (NTG)	139
7.9.2. Determinarea numărului de fungi și drojdii	141
7.9.3. Concluzii	143
8. CONCLUZII FINALE	144

9. CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PERSPECTIVE DE CONTINUARE A CERCETĂRILOR	145
BIBLIOGRAFIE	146
ANEXE:	162
Anexa 1: Fotografii - analiza senzorială	162
Anexa 2. Rezultate brute test ANOVA	164
LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE ÎN DOMENIUL TEZEI DE DOCTORAT	165

## CUVÂNT ÎNAINTE

Lucrarea *“Obținerea, caracterizarea și testarea unor filme bioactive cu aplicații în industria alimentară având ca biopolimer de bază amidonul din porumb”* prezintă o serie de înfirmații cu privire la filmele alimentare pe bază de amidon din porumb.

Lucrarea este structurată în două părți, și anume partea I vizează cercetările bibliografice din domeniul tezei iar partea a II-a rezultatele experimentale obținute în urma cercetării.

Partea I este structurată în patru capitole în care sunt abordate temele de interes din cadrul tezei. Cea de-a II-a parte este structurată în trei capitole în care sunt prezentate materialele și metodele folosite, rezultatele obținute și concluziile cercetării.

În capitolul destinat rezultatelor și discuțiilor s-au abordat patru direcții de cercetare, și anume:

- În primul subcapitol s-au prezentat rezultatele obținute în urma designului factorial;
- În cel de-al doilea subcapitol s-au prezentat rezultatele obținute în urma selectării celui mai indicat film din punct de vedere al caracteristicilor avute în urma designului factorial;
- Următoarele cinci subcapitole prezintă rezultatele obținute în urma combinării amidonului acetilat cu alți șase biopolimeri (alginat de sodiu, cazeinat de sodiu, xantan, chitosan, k-caragenan și carboximetil celuloză);
- Ultimele două subcapitole prezintă rezultatele analizei senzoriale și a analizei microbiologice realizate asupra probelor de carne și cașcaval ambalate în cele patru filme alese în urma cercetărilor anterioare (film 100% amidon acetilat, film compus din 25% alginat de sodiu combinat cu 75% amidon acetilat, film compus din 50% carboximetil celuloză combinată cu 50% amidon acetilat și film compus din 75% k-caragenan combinat cu 25% amidon acetilat).

Cercetarea științifică și elaborarea acestei teze de doctorat nu ar fi fost posibilă fără îndrumarea, sprijinul și răbdarea conducătorului de doctorat, domnului **Prof. Univ. Dr. Ing. Ovidiu Tița**, căruia doresc să-i transmit pe această cale cele mai sincere mulțumiri.

Mă adresez deasemenea cu deosebită recunoștință și mulțumiri comisiei de îndrumare, și anume, doamnei **Prof. Univ. Dr. Ing. Mihaela Tița**, domnului **Prof. Univ. Dr. Ing. Ioan Danciuși** și în ultimul rând, doamnei **Conf. Univ. Dr. Ing. Monica Mironescu** pentru tot sprijinul acordat de-a lungul elaborării prezentei teze.

Mă adresez deasemenea cu deosebită recunoștință și mulțumiri doamnei **Inginer Rodica Roșca** pentru ajutorul și sfaturile acordate pe parcursul realizării cercetărilor.

Mă adresez de asemenea cu deosebită recunoștință și mulțumiri doamnei **Prof. Univ. Dr. Ing. Vionela Mironescuși** domnului **Conf. Univ. Dr. Ing. Ioan Mironescu** pentru sfaturile și ajutorul acordat.



Mă adresez de asemenea cu deosebită recunoștință și mulțumiri doamnei **Conf. Univ. Dr. Ing. Cecilia Georgescu** pentru materialele furnizate.

Mă adresez de asemenea cu deosebită recunoștință și mulțumiri domnului **Șl. Dr. Ing. Otto Ketney** pentru disponibilitate și ajutorul acordat.

Mă adresez de asemenea cu deosebită recunoștință și mulțumiri domnului **Lector Ciprian-Valentin Mihali** din cadrul Departamentului de Microscopie Electronică al Universității Vasile Goldiș Arad, pentru ajutorul acordat în realizarea experimentelor.

Mă adresez de asemenea cu deosebită recunoștință și mulțumiri domnișoare **Doctorand Iasmina Maria Moza** pentru suportul acordat.

Mă adresez de asemenea cu deosebită recunoștință și mulțumiri doamnei **Oana Piper** reprezentanta firmei **Supremia Grup** pentru materialele furnizate.

Cadrelor didactice din cadrul Facultății de Științe Agricole, Industrie Alimentară și Protecția Mediului, cât și membrilor comisiei de evaluare și examinare doresc să le mulțumesc pe această cale pentru recomandările și sfaturile acordate.

Membrilor familiei și prietenilor le mulțumesc pentru suportul moral, financiar și fizic acordat de-a lungul acestei perioade.

Această teză de doctorat a fost finanțată în cadrul Proiectului *POSDRU/159/1.5/S/133255* denumit: „Burse Universitare în România prin Sprijin European pentru Doctoranzi și Post-doctoranzi (BURSE DOC-POSTDOC)”.

## INTRODUCERE

În ultimele decenii, de multe ori ne punem semne de întrebare cu privire la viitorul (din păcate din ce în ce mai sumbru) al planetei noastre, în condițiile în care există o continuitate a acestui drum liniar către autodistrugere. În paralel cu dezvoltarea înfloritoare a tehnologiilor și creșterii nivelului de trai, a avut loc o intensificare a presiunii antropice cu mari efecte negative, nedorite asupra întregii ecosfere, cu implicații în natură prin perturbarea ciclurilor naturale, ajungându-se în cele din urmă la adevărate dezastre ecologice.

O categorie a deșeurilor cu importanță majoră, este cea a maselor plastice (peturi, ambalaje), a căror producție a înregistrat o creștere masivă, mai ales în ultimii ani. Este bine cunoscut faptul că plasticul nu se degradează în natură datorită proprietăților care îi conferă rezistență la atacurile microbiene, iar petrolul care intră în componența sa constituie un real pericol pentru animalele marine atunci când masele plastice ajung în mări și oceane. De asemenea, pentru imprimarea pungilor de plastic se folosește un metal foarte toxic: cadmiu, care prin arderea acestora este eliberat în aer. În anumite condiții, masele plastice ajunse în natura pot fi rupte în fragmente mai mici, existând posibilitatea ingerării lor de către animale. Datorită acestei probleme majore, în zilele noastre se pune un foarte mare accent pe găsirea unor soluții de prevenire a poluării sau de remediere a efectelor produse asupra sistemelor ecologice. Drept pentru care, trendul actual este cel de producție a unor materiale biodegradabile care să înlocuiască masele plastice sintetice convenționale.

O inovație în acest sens este fabricarea filmelor alimentare pe bază de amidon modificat care sunt biodegradabile, iar costurile de producție sunt foarte scăzute. La nivelul întregii planete, amidonul constituie o sursă continuă, putând fi recuperat și din apele reziduale din cadrul industriilor de prelucrare.

Cercetările actuale cu privire la îmbunătățirea proprietăților filmelor alimentare pe bază de amidon modificat, au relevat faptul că, în structura acestora pot fi încorporați diverși compuși

antibacterieni, care mențin integritatea produselor alimentare prin protejarea împotriva umidității, oxigenului și a altor substanțe străine, asigurând astfel o viață mai lungă a produsului respectiv. Doriința de a se folosi biopolimeri în toate domeniile este dată de derivarea lor din surse regenerabile și epuizarea resurselor combustibililor fosili.

## OBIECTIVELE ȘTIINȚIFICE ALE TEZEI

Obiectivul general al tezei a fost: „*Obținerea, caracterizarea și testarea unor filme bioactive cu aplicații în industria alimentară având ca biopolimer de bază amidonul din porumb*”.

Cu scopul realizării obiectivului general s-au propus următoarele obiective specifice:

1. *Optimizarea obținerii filmelor alimentare pe bază de amidon din porumb.*
2. *Testarea din punct de vedere fizico-chimic, reologic și antimicrobian a filmelor obținute.*
3. *Optimizarea obținerii amestecurilor pe bază de amidon combinat cu alți biopolimeri.*
4. *Testarea prin metode microscopice a gradului de uniformitate și miscibilitate a componentelor utilizate la obținerea filmelor.*
5. *Testarea comportamentului termic al filmelor obținute.*
6. *Verificarea capacității de conservare a produselor ambalate în filme.*
7. *Testarea biodegradabilității filmelor obținute.*

## STRUCTURA TEZEI

Teza de doctorat intitulată “*Obținerea, caracterizarea și testarea unor filme bioactive cu aplicații în industria alimentară având ca biopolimer de bază amidonul din porumb*” cuprinde 198 pagini, 73 de figuri și grafice, 25 de tabele și 246 referințe bibliografice.

Prezenta teză doctorală este structurată în două părți distincte, și anume: studiu bibliografic și cercetări experimentale.

➤ Studiul documentar, care prezintă:

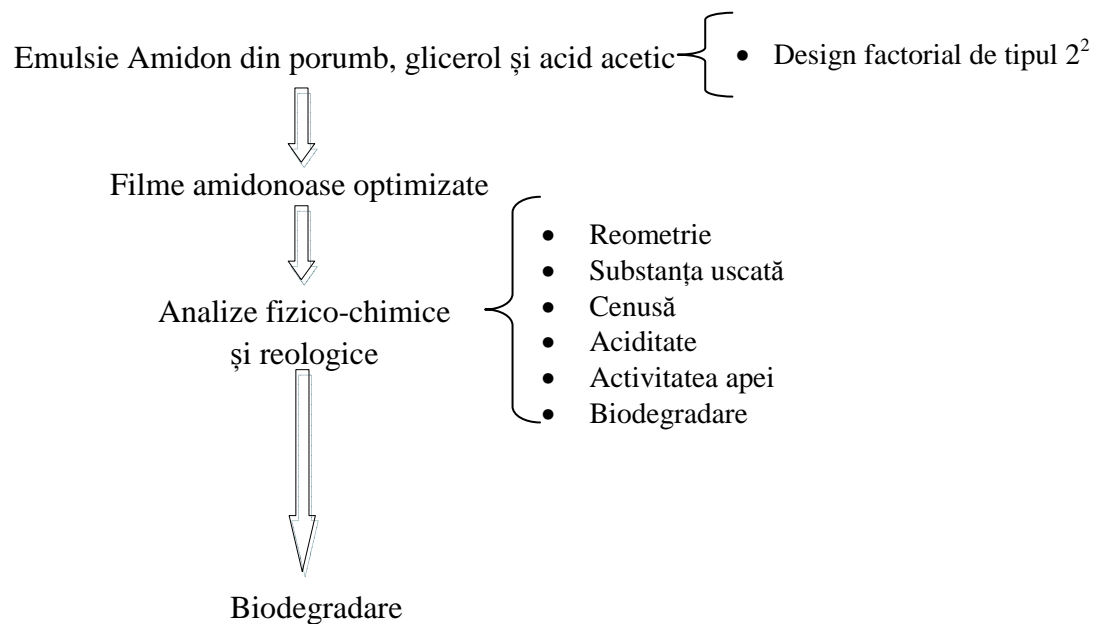
- modificarea amidonului, proprietăți și aplicații, filme alimentare pe bază de amidon;
- biopolimeri cu aplicații în industria alimentară;
- Aspecte teoretice privind microorganismele patogene și cele lactice;
- Aspecte teoretice privind uleiurile esențiale;

➤ Cercetările proprii, care prezintă:

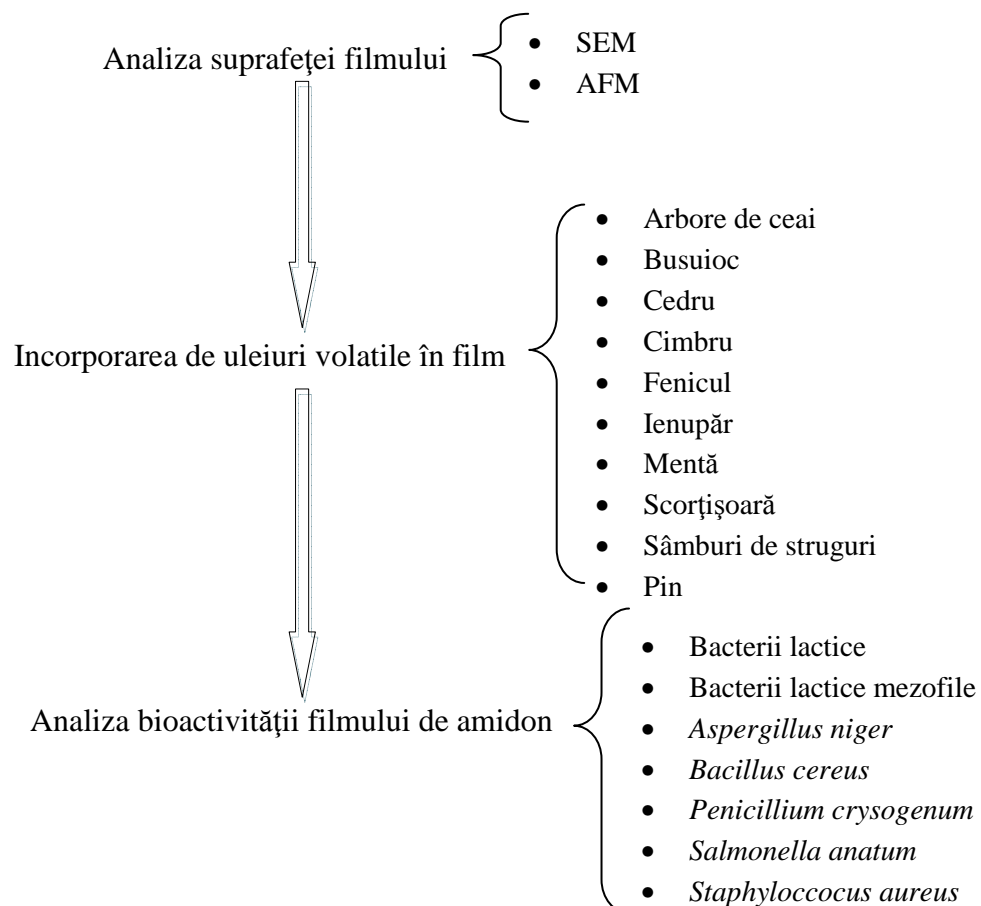
- organizarea cercetărilor cu descrierea clară a motivației temei, obiectivele cercetărilor, factorii luați în studiu și organizarea cercetărilor;
- materiale și metode cu descrierea detaliată a materialului supus cercetărilor și a metodele de analiză utilizate;
- rezultate experimentale cuprinzând - rezultate și discuții, concluzii;
- concluzii finale și perspective de continuare a cercetării în care sunt descrise contribuțiile și perspectivele de continuare a cercetărilor;
- bibliografie și anexe.

## PLANUL DE REALIZARE AL CERCETĂRII

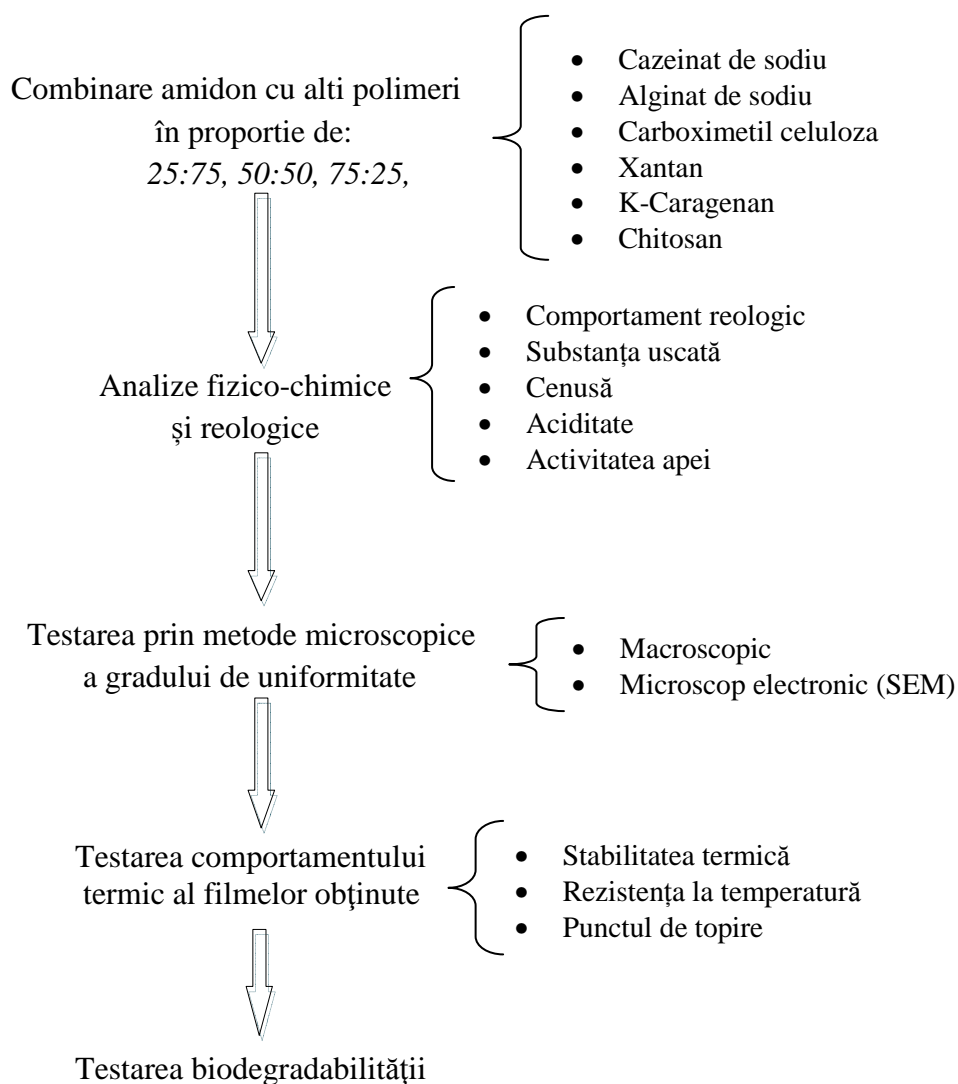
### 1. OPTIMIZAREA COMPOZIȚIEI FILMELOR COMPUSE DIN AMIDON 100%



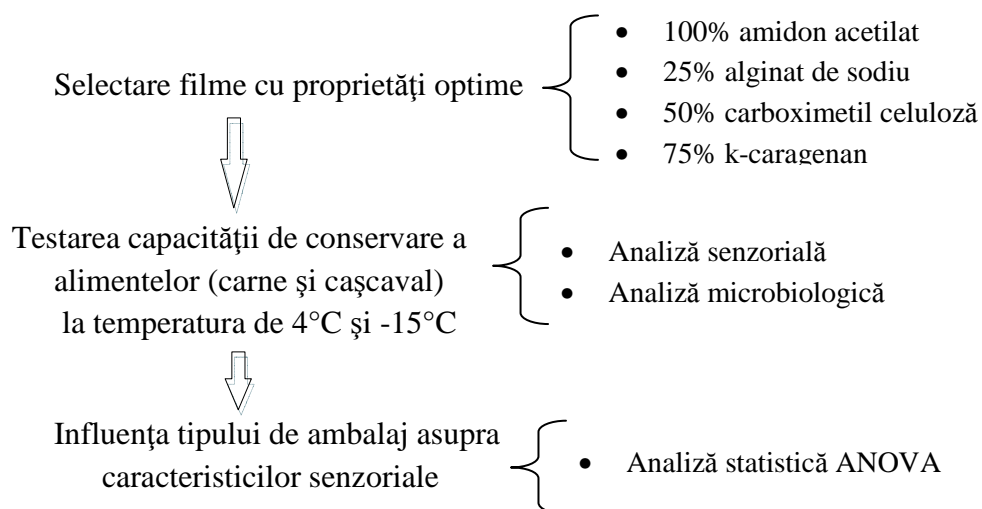
### 2. SELECTAREA FILMULUI CU CELE MAI BUNE PROPRIETĂȚI



### 3. OPTIMIZAREA OBȚINERII AMESTECURILOR PE BAZĂ DE AMIDON COMBINAT CU ALȚI BIOPOLIMERI



### 4. VERIFICAREA CAPACITĂȚII DE CONSERVARE A PRODUSELOR AMBALATE ÎN FILME



## MATERIALE ȘI METODE

### 6.1. Optimizarea compoziției filmelor compuse din amidon 100%

Materialele utilizate cu scopul realizării filmelor compuse din amidon în diverse proporții au fost:

- Amidon din porumb (Sigma Aldrich);
- Glicerol 99.8% (Knyta S.R.L.);
- Acid acetic 1N.

Principalele două caracteristici ale filmului de amidon considerate importante pentru calitatea filmului sunt cele legate de comportamentul reologic, alături de biodegradarea acestuia. Principalii factori considerați importanți (care prezintă influență) asupra celor două caracteristici ale filmului de amidon sunt cantitățile de acid acetic și de glicerol utilizate la producerea filmului de amidon.

Pentru optimizarea compoziției filmelor compuse din amidon s-a folosit un design experimental factorial. Au fost selecționate două variabile: cantitatea de glicerol și cantitatea de acid acetic utilizate la producerea filmului de amidon. Pentru studiul influenței acestora asupra calității filmului de amidon s-a folosit un plan de experimentare factorial de ordinul  $2^2$  care este descris în tabelul 2.

Tabelul 2. Designul experimental folosit pentru optimizarea compoziției filmului de amidon

		DESCRIERE			NIVEL		
					-1	0	+1
Mărimi de intrare	variabile	x <sub>1</sub>	Cantitatea de glicerol	%	2.5	5	7.5
		x <sub>2</sub>	Cantitatea de acid acetic	%	2.5	5	7.5
	constante	X <sub>3</sub>	Temperatura	°C	90		
		x <sub>4</sub>	Cantitatea de amidon	%	5		
Mărimi de răspuns	y <sub>1</sub>	Viscozitatea gelului de amidon		Pa's %			
	y <sub>2</sub>	Grad de biodegradare					
	y <sub>3</sub>	Activitatea apei					
				x <sub>1</sub>		x <sub>2</sub>	
Abrevierea probelor	Proba 1			7.5	%	7.5	%
	Proba 2			7.5	%	2.5	%
	Proba 3			2.5	%	7.5	%
	Proba 4			2.5	%	2.5	%
	Proba 5			5	%	5	%

### 6.2. Obținerea filmelor compuse din amidon din porumb combinat cu alți biopolimeri

Polimerii utilizați au fost următorii:

- Amidon din porumb (proveniență Sigma Aldrich)
- Cazeinat de sodiu (proveniență Supremia Grup)
- Chitosan (proveniență Sigma Aldrich)
- Xantan (proveniență Sigma Aldrich)
- Alginat de sodiu (proveniență Sigma Aldrich)

- K-caragenan (proveniență Sigma Aldrich și Supremia Grup )
- Carboximetil celuloză (proveniență Supremia Grup).

Ponderea amidonului și a biopolimerilor utilizați pentru a obține filmele alimentare este redată în tabelul 4.

Tabelul 4. Ponderea amidonului și a biopolimerilor

Nr.	Polimer	Amidon din porumb		
		25%	50%	75%
1.	Carboximetil celuloză	75%	50%	25%
2.	Xantan	75%	50%	25%
3.	Chitosan	75%	50%	25%
4.	Alginat de sodiu	75%	50%	25%
5.	Cazeinat de sodiu	75%	50%	25%
6.	Caragenan k	75%	50%	25%

Amidonul, acidul acetic (5%), glicerolul (5%) și ceilalți biopolimeri utilizați (alginat de sodiu, cazeinat de sodiu, xantan, k-caragenan, chitosan și carboximetil celuloza) au fost dizolvate separat și au fost supuse încălzirii timp de 1.5 ore, după care soluțiile au fost combinate, amestecate și încălzite la 90°C pentru încă 30 de minute. Acest interval de timp este important deoarece asigură gelatinizarea amidonului și amestecarea omogenă a soluțiilor. Următoarea etapă în obținerea filmelor este turnarea amestecului în cutii Petri după care sunt lăsate la uscat timp de 48-72 de ore cu scopul evaporării apei și a solvenților.

### 6.3. Analiza comportamentului reologic

Comportarea reologică a fluidelor poate fi analizată dacă sunt supuse unei rate de forfecare constantă. Comportamentul unui fluid se poate aprecia pe baza datelor experimentale, reprezentând grafic variația efortului de forfecare cu rata de forfecare. Această curbă reprezintă modelul matematic al comportării reologice a produsului (Mironescu, 2014).

S-a analizat comportamentul reologic al gelurilor pe bază de amidon din porumb combinat cu diferiți biopolimeri (alginat de sodiu, cazeinat de sodiu, xantan, k-caragenan, chitosan și carboximetil celuloză) folosind două echipamente: reometrul de rotație de tip Yield YR1 (Brookfield) și reometrul de amestecare de tip Viscotester VT 550 (Haake).

### 6.4. Caracterizarea fizico-chimică a filmelor pe bază de amidon din porumb

#### 6.4.1. Determinarea substanței uscate prin cântărire

Substanța uscată reprezintă totalitatea substanțelor care rămân după evaporarea apei din produs la temperatura de 110°C.

Conținutul de substanță uscată se calculează cu relația:

$$w = \frac{g_1 - g_2}{g_1 - g_0} \cdot 100$$

Unde  $g_0$  = masa fiolei goale, în grame;

$g_1$  = masa fiolei cu probă înainte de uscare, în grame;

$g_2$  = masa probei după uscare, în grame. (Mironescu and Mironescu, 2000)

#### 6.4.2. Determinarea acidității filmului de amidon

Aciditatea, este dată de prezența acizilor în materia primă utilizată și de acizii adăugați în timpul procesului tehnologic de obținere a filmului de amidon (acid acetic). În cursul tratamentului amidonului cu un acid, acidul acționează asupra hidrolizei glicozidice a moleculelor de amidon, moleculele de amidon devenind mai mici.

Relația cu care se determină gradul de aciditate al unui produs:

$$A = \frac{10 \cdot V \cdot K}{g}$$

Unde: A - aciditatea exprimată în grade de aciditate, în ml/100g;

V - volumul de soluție de hidroxid de sodiu consumați la titrare, în ml;

K - factorul soluției utilizate la titrare;

g - masa probei luate în analiză, în grame;

#### 6.4.3. Determinarea conținutului total de cenușă

Conținutul de cenușă se referă la reziduul obținut după calcinarea probelor. La calcinare, substanțele organice se transformă în substanțe volatile, iar substanțele minerale rămân sub formă de cenușă. Analiza pe componente a cenușii poate fi un mijloc de verificare a condițiilor de lucru (Mironescu and Mironescu, 2000).

Conținutul total de cenușă raportat la masa produsului se calculează cu relația:

$$C = \frac{g_1 - g_0}{g} \cdot 100$$

Unde  $g_1$  = masa creuzetului cu cenușă, în grame;

$g_0$  = masa creuzetului gol, în grame;

g = masa probei luate, în grame;

#### 6.4.4. Determinarea activității apei

Activitatea apei este o măsură a durabilității unui produs în raport cu anumite tipuri de stricăciuni. Apa liberă din produs are o importanță crucială la creșterea microorganismelor și producerea toxinelor.

$$a_w = \frac{p}{p_0} = n_w + n_s$$

Unde: p = presiunea vaporilor de apă din produs la temperatura T;

$p_0$  = presiunea vaporilor de apă din atmosferă la temperatura T;

$t_w$  = temperatura de echilibru a sistemului;

$n_w$  = numărul de moli de apă;

$n_s$  = numărul de moli de substanță.

### 6.5. Analiza compoziției și a topografiei filmului de amidon modificat selectat în urma aplicării designului factorial

Rezultatele obținute cu ajutorul dispozitivului oferă informații prețioase cu privire la uniformitatea structurii, suprafeței și la rugozitatea probei. S-a utilizat microscopul electronic (SEM) și cel de forță atomică (AFM).

### 6.6. Analiza structurii filmelor pe bază de amidon acetat combinat cu alți biopolimeri

În prepararea probelor s-a folosit un aparat Sputter-Coater, Agar, s-au realizat 3 depuneri de aur, fiecare cu o grosime de 4 nm. Probele pentru examinarea în SEM (Microscop electronic



Quanta 250, Fei) sunt montate pe suporturi conductive din aluminiu cu ajutorul unor benzi de carbon dublu adezive.

### **6.7. Determinarea acțiunii antimicrobiene a filmuli selectat în urma designului factorial**

Pentru setul de experimente, în cadrul cărora s-a urmărit acțiunea uleiurilor volatile asupra mixurilor de bacterii lactice în mediu solid, a fost utilizat mediul de cultură MRS Agar (abrevierea provine de la inventatorii săi: Man, Rogosa și Sharpe).

Microorgansimele folosite în vederea studiului acțiunii uleiurilor volatile asupra culturilor de bacterii lactice, sunt reprezentate de:

- Mix bacterii lactice pentru obținerea brânzeturilor
- Mix bacterii lactice pentru obținerea brânzeturilor mezofile
- Material microbiologic (cultură pură de *Bacillus cereus* - ATCC 14579, *Aspergillus niger*- ATCC 1015, *Staphylococcus aureus* - ATCC 12600, *Salmonella anatum*- ATCC 9270). Cultură de *Pencillium crysogenum* (Moza et al., 2012) izolată în laborator.

În cadrul celor două experimente s-au folosit 10 uleiuri volatile și anume:

1. Arbore de ceai (*Melaleuca alternifolia*)
2. Busuioc (*Ocimum basilicum*)
3. Cedru (*Cedrus deodara*)
4. Cimbru (*Thymus vulgaris*)
5. Fenicul (*Foeniculum vulgare*)
6. Ienupăr (*Juniperus communis*)
7. Mentă (*Mentha piperita*)
8. Scorțișoară (*Cinnamomum verum*)
9. Sâmburi de struguri (*Vitis vinifera*)
10. Pin (*Pinus sylvestris*)

Cu scopul observării bioactivității filmelor impregnate cu uleiuri esențiale fost utilizată metoda aromatogramei.

### **6.8. Analiza stabilității termice a filmelor pe bază de amidon acetilat din porumb combinat cu alți biopolimeri**

Modul de lucru a fost următorul:

- Se cântărește proba (1-6 mg);
- Se sigilează creuzeții de aluminiu cu ajutorul unei prese;
- Se găurește capacul creuzetului cu scopul evitării formării unei presiuni interioare;
- Se amplasează proba în interiorul echipamentului (Maia 200);
- Se rulează programul de analiză (softul Netzsch) căruia în prealabil i-au fost setați parametrii de lucru (temperatura: 30-300°C, rata de încălzire: 10°C/minut, gazul utilizat și presiunea: azot-40ml/minut);
- Se înregistrează/salvează termogramele obținute.

### **6.9. Analiza senzorială a probelor de carne și cașcaval ambalate în filmele pe bază de amidon acetilat din porumb**

În urma determinărilor realizate anterior s-au selectat patru tipuri de filme care au fost testate din punct de vedere al capacității de conservare a cărnii și cașcavalului.

Filmele selectate în vederea realizării analizei senzoriale și microbiologice au fost următoarele:

- Film compus din 100% amidon acetilat din porumb;
- Film compus din 25% alginat de sodiu combinat cu 75% amidon acetilat din porumb;
- Film compus din 50% carboximetil celuloză combinată cu 50% amidon acetilat din porumb;
- Film compus din 75% k-caragenan combinat cu 25% amidon acetilat din porumb.

#### 6.9.1. *Descrierea și pregătirea, ambalarea și codarea probelor*

Probele de carne (carne de porc) și cașcaval au fost achiziționate de la firma S.C. Metro Cash & Carry Romania S.R.L. având termenul de valabilitate inscripționat pe etichetă. După achiziționare probele au fost depozitate la temperatura de 4°C conform specificațiilor date de producător.

Probele de carne respectiv de cașcaval au fost porționate și ambalate în filme. Toate probele de film au fost sterilizate în prealabil cu ajutorul unei lămpi cu ultraviolete cu scopul eliminării microorganismelor existente pe suprafața lor care puteau contamina probele de carne și cașcaval.

Codarea probelor s-a realizat ținându-se seama de: tipul probei (carne, cașcaval), tipul filmului utilizat, temperatura la care s-a depozitat proba și perioada de depozitare.

#### 6.9.2. *Tratamentul termic (refrigerare/congelare)*

Probele de carne respectiv de cașcaval au fost depozitate pe o perioadă de 16 de zile într-un incubator cu răcire, model ICP 800 la -15°C respectiv 4°C. Palierul de a fost controlat prin softul Celsius. Cercetarea s-a desfășurat de-a lungul a 16 de zile, timp în care s-a prelevat din patru în patru zile probe care au fost supuse analizei senzoriale. Observațiile optice sunt prezentate în anexa 1.

#### 6.9.3. *Analiza senzorială carne*

Analiza senzorială a cărnii s-a făcut în conformitate cu STAS 7585-75 care se referă la examenul senzorial al cărnii provenite de la animalele de măcelărie (bovine, porcine, ovine, caprine), tăiate în unități specializate și sub control sanitar-veterinar. Se evaluează fiecare indice senzorial de calitate utilizând scara de punctaj de la 0 la 5 puncte.

Examenul senzorial se face pe bucățile de carne și constă din aprecierea următoarelor caracteristici:

- aspectul
- culoarea
- consistența
- mirosul

#### 6.9.4. *Analiza senzorială cașcaval*

Analiza senzorială a cașcavalului s-a făcut în conformitate cu SR 6345-1995 care se referă la analiza senzorială a produselor lactate.

Evaluarea fiecărei caracteristici senzoriale în condițiile descrise în prezentul standard, prin comparare cu scări de punctaj de la 0 la 5 puncte. Probele se aduc la temperatura de 18°C + 2°C.

Produsele în stare solidă compactă se prezintă sub formă de bucată întreagă sau sector, pentru aprecierea aspectului exterior.

Probele se taie apoi, în bucăți egale, după care se evaluează.

#### **6.10. Determinarea influenței tipului de ambalaj asupra caracteristicilor senzoriale**

**Testul ANOVA** (ANALYSES OF VARIANCE) este un test de comparare a mediilor, dar are avantajul ca poate compara în același timp mediile mai multor loturi.

- $H_0$ : Mediile probelor testate din care provin parametrii sunt egale.
- $H_1$ : Cel puțin una din mediile probelor din care provin parametrii diferă față de celelalte.

Rezultatul  $p$ , al testului, furnizat de program, are aceeași interpretare ca și la celelalte teste statistice, și anume:

- Dacă  $p > 0,05$  nu se respinge  $H_0$ , diferențele sunt ne semnificative la pragul de semnificație de 95%,
- Dacă  $p < 0,05$  se respinge  $H_0$  cu pragul de semnificație de 95%. Cel puțin două medii semnificative,
- Dacă  $p < 0,01$  se respinge  $H_0$  cu pragul de semnificație de 99%. Diferența este înalt semnificativă,
- Dacă  $p < 0,001$  se respinge  $H_0$ . Diferența este foarte înalt semnificativă

#### **6.11. Analiza microbiologică a probelor de carne și cașcaval ambalate în filmele pe bază de amidon acetilat din porumb**

În cazul determinării numărului total de germeni (NTG) în acest studiu s-a recurs la metoda însămânțării prin incorporare adaptată (Stancu et al., 2013). Mediul de cultură utilizat pentru NTG a fost PCA (Plate Count Agar), iar pentru determinarea numărului de fungi și drojdii a fost Sabouraud. După o perioadă de incubare de 16 zile, fiecare proba a fost analizată recoltându-se microorganisme de pe suprafața ei în vederea însămânțării lor, pentru a evidenția diferențele de creștere a fungilor și bacteriilor în prezența diferitelor tipuri de filme testate pe fiecare substrat diferit și pentru a se verifica acțiunea fiecărui tip de film folosit asupra probelor de carne și cașcaval.

#### **6.12. Biodegradabilitatea filmului de amidon și a celor combinate cu alți biopolimeri**

Pentru atingerea obiectivelor acestei cercetări, este nevoie să se determine experimental măsura și condițiile în care filmul se degradează în condiții cât mai asemănătoare cu cele întâlnite în natură.

Acest lucru s-a realizat printr-un experiment realizat în condițiile impuse de standardul ISO 16929:2002 "Plastics – determination of the degree of disintegration of plastic material under defined composting conditions in a pilot-scale test", adaptate la condițiile date de laborator.

## 7. REZULTATE ȘI DISCUȚII

### 7.1. Optimizarea compoziției filmelor din amidonși caracterizarea acestora

La optimizarea compoziției filmelor, s-a urmărit identificarea conținutului optim de acid acetic (ca agent de modificare a amidonului) și de glicerol (ca agent plasticizant) pentru obținerea unui film uniform, stabil, cu caracteristici reologice și fizico-chimice bune, conținut redus de apă și capacitate ridicată de biodegradare.

#### 7.1.1. Comportamentul reologic algelurilor formate din amidon acetilat

Ecuția de regresie obținută are forma :

$$y_1 = 8,715 - 2,47 \cdot x_2 + 1,695 \cdot x_1 \cdot x_2$$

unde  $y_1$  este efortul limită la curgere,  $x_1$  este glicerolul, iar  $x_2$  este acidul acetic.

Funcția obținută indică influența majoră a variabilei libere ( $x_0$ ), adică a altor variabile decât cele analizate. Dintre cele două variabile studiate, acidul acetic are influență negativă asupra curgerii, iar acțiunea combinată a acidului acetic și glicerolului influențează pozitiv comportamentul reologic al gelurilor; glicerolul nu are influență semnificativă asupra acestei caracteristici.

#### 7.1.2. Biodegradarea filmelor compuse din amidon acetilat din porumb

Ecuția de regresie obținută are forma :

$$y_2 = 43,525 + 2,655 \cdot x_1 - 5,575 \cdot x_2 + 13,905 \cdot x_1 \cdot x_2$$

unde  $y_2$  este efortul limită la curgere,  $x_1$  este glicerolul, iar  $x_2$  este acidul acetic.

Și în acest caz, funcția obținută indică influența majoră a variabilei libere ( $x_0$ ), adică a altor variabile decât cele analizate. Dintre cele două variabile studiate, glicerolul influențează pozitiv, iar acidul acetic are influență negativă asupra biodegradării filmului de amidon modificat; acțiunea combinată a acidului acetic și glicerolului influențează puternic pozitiv scăderea masică a filmelor.

Scăderea masică a filmelor cea mai mare este cea dată de probele realizate folosind valorile intermediare ale glicerolului și acidului acetic.

#### 7.1.3. Influența glicerolului și a acidului acetic asupra activității apei

Majoritatea probelor au o cantitate redusă de apă liberă ( $a_w < 40\%$ ), sub limita necesară microorganismelor pentru creștere și înmulțire. O valoare scăzută a conținutului de apă liberă din produs ( $a_w < 0,60$ ) confirmă faptul că probele sunt sigure din punct de vedere microbiologic. Conținutul scăzut de apă liberă nu permite activarea microorganismelor care, în absența apei, să producă alterarea filmului de amidon.

Ecuția de regresie obținută are forma :

$$y_3 = 0,422 - 0,076 \cdot x_1 + 0,089 \cdot x_2 - 0,046 \cdot x_1 \cdot x_2$$

unde:  $y_3$  este gradul de legare al apei,  $x_1$  este cantitatea de glicerol utilizată,  $x_2$  este cantitatea de acid acetic utilizată. Ambele variabile alese sunt semnificative; și în acest caz, glicerolul influențează negativ caracteristica analizată.

#### 7.1.4. *Influența glicerolului și a acidului acetic asupra conținutului de substanță uscată*

O cantitate ridicată de substanță uscată afectează elasticitatea și poate împiedica plastifierea filmului de amidon.

Ecuția de regresie obținută are forma :

$$y_4 = 87,925 - 1,825x_1 + 0,550x_2 + 1,300x_1x_2$$

unde:  $y_4$  este conținutul de substanță uscată,  $x_1$  este cantitatea de glicerol,  $x_2$  este cantitatea de acid acetic. Și pentru acest model, ambele variabile alese sunt semnificative; și în acest caz, glicerolul influențează negativ caracteristica analizată, adică conținutul de substanță uscată.

#### 7.1.5. *Influența glicerolului și a acidului acetic asupra acidității filmului de amidon*

Ecuția de regresie obținută are forma :

$$y_5 = 2,500 + 0,750x_1 - 0,250x_2 + 0,500x_1x_2$$

unde:  $y_5$  este aciditatea,  $x_1$  este cantitatea de glicerol,  $x_2$  este cantitatea de acid acetic. Și în acest caz, ambele variabile alese sunt semnificative, dar glicerolul influențează pozitiv aciditatea. Interesant este faptul că modelul obținut arată că acidul acetic are influență negativă asupra acidității filmelor.

#### 7.1.6. *Influența glicerolului și a acidului acetic asupra conținutului de cenușă al filmului*

Toate probele au avut cantități reduse de substanțe minerale în compoziția lor, mai puțin proba în care s-a utilizat o cantitate mare de acid acetic și o cantitate redusă de glicerol. Glicerolul este un bun plastifiant al amidonului, dar în concentrații scăzute nu are capacitatea să plastificeze proba suficient.

#### 7.1.7. *Concluzii*

Experimentele factoriale au urmărit identificarea compoziției optime de glicerol și acid acetic în intervalul de variație ales pentru cele două variabile, de 2,5 – 7,5%.

În concluzie, o cantitate medie de glicerol și acid acetic (5%) duce la formarea unui gel mai tare, care se toarnă și se întinde bine, permite formarea unui film uniform, stabil, biodegradabil, care se poate păstra ca atare un timp îndelungat deoarece nu este atacat de microorganisme (activitatea apei foarte scăzută). În continuare în această cercetare, la obținerea filmelor de amidon modificat s-au folosit glicerol și acid acetic în concentrațiile de 5% raportate la cantitatea totală de suspensie de amidon 5%.

## **7.2. Analiza suprafeței, topografiei și a bioactivității filmului compus din amidon acetilat din porumb selectat în urma designului factorial asupra bacteriilor lactice și a microorganismelor patogene**

### 7.2.1. *Analiza suprafeței filmelor pe bază de amidon acetilat*

Proba supusă analizei (film format din amidon acetilat) a prezentat o structură omogenă, din punct de vedere al distribuției componentelor (amidon, glicerol și acid acetic).

Proba prezintă puține zone neuniforme care sunt resturi de amidon incomplet gelatinizat.

### 7.2.2. *Analiza topografiei filmelor pe bază de amidon acetilat din porumb*

Filmul de amidon modificat prezintă suprafață relativ uniformă și continuă. Analiza s-a realizat în contact mode care arată anumite zone cu proiecții ascuțite. Aceste proiecții măresc rugozitatea filmului și implicit și aspectul.

Cele mai înalte zone de pe suprafața filmului supus analizat au fost de 1.26  $\mu\text{m}$ .

#### 7.2.3. Acțiunea uleiurilor volatile asupra bacteriilor lactice folosite la obținerea brânzeturilor

Asupra culturilor de bacterii lactice folosite la obținerea brânzeturilor, uleiurile volatile au prezentat o influență diferită, unele având o acțiune de inhibiție, altele un efect stimulator. Au existat și uleiuri volatile care nu au avut nici o acțiune asupra acestor microorganisme.

Gradul de inactivare al uleiurilor volatile asupra culturii de bacterii lactice folosite la obținerea brânzeturilor poate fi relatat astfel: ulei de scorțișoară > ulei de cimbru.

Acțiunea stimulatorie a fost dată de utilizarea uleiului volatil de arbore de ceai, uleiului volatil de busuioc, fenicul, sămburi de struguri (Naiaretti et al., 2014).

#### 7.2.4. Acțiunea uleiurilor volatile asupra bacteriilor lactice mezofile folosite la obținerea brânzeturilor

Uleiurile esențiale care au favorizat dezvoltarea bacteriilor lactice mezofile au fost: arbore de ceai, busuioc, cedru, fenicul, ienupăr, mentă și pin.

Uleiul esențial care a inhibat dezvoltarea bacteriilor lactice mezofile a fost cel de scorțișoară.

Uleiurile esențiale care nu au avut nici o acțiune asupra dezvoltării bacteriilor lactice mezofile au fost cel de cimbru și cel de sămburi de struguri (Naiaretti et al., 2014).

#### 7.2.5. Influența uleiului volatil de mentă încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni

Uleiul esențial de mentă a avut acțiune inhibitoare medie asupra microorganismelor: *Bacillus cereus* (RI%=23%), *Penicillium crysogenum* (RI%=100%) și *Staphylococcus aureus* (RI%=23%). Asupra dezvoltării microorganismului *Salmonella anatum* și *Aspergillus niger* uleiul esențial de mentă nu a avut nici un efect (Naiaretti et al., 2014).

#### 7.2.6. Influența uleiului volatil de scorțișoară încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni

Uleiul esențial de scorțișoară a inhibat toate cele patru microorganisme supuse testării. *Aspergillus niger* și *Penicillium crysogenum* au fost inhibați în proporție de 100%.

În cazul microorganismelor *Bacillus cereus*, *Salmonella anatum* și *Staphylococcus aureus* ratele medii de inhibiție au fost următoarele: 58%, 47% și 23% (Naiaretti et al., 2014).

#### 7.2.7. Influența uleiului volatil de fenicul încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni

Uleiul esențial de fenicul a prezentat o rată medie de inhibiție de 100% asupra microorganismelor: *Aspergillus niger* și *Penicillium crysogenum*.

Asupra microorganismului *Staphylococcus aureus* rata medie de inhibiție a fost de 22%. *Salmonella anatum* de-a lungul perioadei de testare (21 zile), a fost favorizată de prezența acestui ulei în filmul amidonos (Naiaretti et al., 2014).

#### 7.2.8. Influența uleiului volatil de cimbru încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni

Rata medie de inhibiție a uleiului esențial de cimbru asupra microorganismelor patogene a fost următoarea:

- 89% asupra lui *Aspergillus niger*;
- 33% asupra lui *Bacillus cereus*;
- 100% asupra lui *Penicillium crysogenum*;
- 39% asupra *Salmonellei anatum*;
- 44% asupra lui *Staphylococcus aureus* (Naiaretti et al., 2014).

#### 7.2.9. Influența uleiului volatil de ienupăr încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni

Uleiul esențial de ienupăr a prezentat acțiuni inhibitoare (RI% medie 100%) doar asupra lui *Penicillium crysogenum*. În cazul celorlate patru microorganisme nu s-a observat nici un efect (Naiaretti et al., 2014).

#### 7.2.10. Influența uleiului volatil de arbore de ceai încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni

Singurul microorganism inhibat total în prezența uleiului de arbore de ceai a fost *Penicillium crysogenum*. Asupra microorganismelor *Aspergillus niger* și *Staphylococcus aureus* uleiul de arbore de ceai nu a avut nici o acțiune.

Filmele în care a fost încorporat uleiul de arbore de ceai au avut o RI% medie de 21% asupra microorganismului *Bacillus cereus*, iar asupra patogenului *Salmonella anatum* uleiul de arbore de ceai a avut o RI% medie de 10% (Naiaretti et al., 2014).

#### 7.2.11. Influența uleiului volatil de pin încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni

Microorganismul *Penicillium crysogenum* a fost inhibat total (RI%=100%) în prezența uleiului de pin.

Microorganismul *Aspergillus niger* nu a prezentat nici o modificare a creșterii și dezvoltării în prezența acestui ulei esențial, pe când *Salmonella anatum* a fost favorizată de acesta. Rata medie de inhibiție obținută în cazul patogenului *Bacillus cereus* a fost de 32%, iar în cazul patogenului *Staphylococcus aureus* a fost de 26% pe parcursul celor trei observații (Naiaretti et al., 2014).

#### 7.2.12. Influența uleiului volatil de cedru încorporat în filmul pe bază de amidon modificat asupra agenților patogeni

Dezvoltarea microorganismelor selectate în prezența uleiului esențial de cedru a fost complet oprită în cazul patogenului *Penicillium crysogenum*.

În cazul lui *Staphylococcus aureus* s-a observat o rată medie de inhibiție de 22% pe parcursul perioadei de analiză. *Aspergillus niger* și *Bacillus cereus* au dezvoltat în prezența uleiului esențial de cedru, pe când *Salmonella anatum* a fost favorizată de prezența acestuia.

#### 7.2.13. Influența uleiului volatil de busuioc încorporat în filmul pe bază de amidon acetat asupra agenților patogeni

Uleiul volatil de busuioc încorporat în filmele amidonoase a prezentat o acțiune de inhibare totală doar asupra microorganismului *Penicillium crysogenum*.

Rata medie de inhibiție obținută în cazul patogenului *Staphylococcus aureus* a fost de 12%, iar în cazul lui *Bacillus cereus* de doar 17%. Asupra microorganismului *Aspergillus niger* nu s-a

obsevat nici o acțiune. Doar *Salmonella anatum* a fost favorizată de prezența uleiului volatil de busuioc în mediu (Naiaretti et al., 2014).

#### 7.2.14. Influența uleiului volatil de sâmburi de struguri încorporat în filmul pe bază de amidon acetilat asupra agenților patogeni

Uleiul esențial de sâmburi de struguri a prezentat o acțiune inhibitoare asupra microorganismelor *Bacillus cereus* și *Penicillium crysogenum*.

Asupra patogenului *Salmonella anatum* și asupra lui *Staphylococcus aureus* acest ulei are acțiune favorizantă. Asupra microorganismului *Aspergillus niger* nu a avut nici o acțiune.

#### 7.2.15. Concluzii

Microorganismul *Aspergillus niger* a fost inhibat de uleiurile esențiale de scorțișoară, fenicul, și cimbru.

Microorganismul *Bacillus cereus* a fost inhibat de uleiurile esențiale de scorțișoară cimbru, arbore de ceai, pin și busuioc.

Microorganismul *Penicillium crysogenuma* fost inhibat de toate uleiurile esențiale testate.

Microorganismul *Salmonella anatum* a fost inhibată de uleiurile esențiale de scorțișoară, cimbru și arbore de ceai.

Microorganismul *Staphiloccocus aureus* a fost inhibat de uleiurile esențiale de scorțișoară, fenicul, cimbru, pin, cedru și busuioc.

### 7.3. Determinarea comportamentului reologic al gelurilor de amidon acetilat din porumb combinat cu alți biopolimeri

#### 7.3.1. Determinarea comportamentului reologic al gelului format din 100% amidon acetilat din porumb

Funcția obținută la analiza comportamentului reologic al gelului format din 100% amidon acetilat din porumb este:

$$y = 0,4777 \cdot x^{0,6577}$$

Această funcție arată că proba alcătuită din 100% amidon acetilat a prezentat un comportament reologic pseudoplastic. Valorile lui  $n$  mai mici ca 1 indică un comportament reologic de tip pseudoplastic; cu cât valoarea  $n$  este mai apropiată de 0, comportamentul pseudoplastic este mai pronunțat (Steffe, 1996).

#### 7.3.2. Determinarea comportamentului reologic al gelului format din amidon din porumb și alginat de sodiu

Funcțiile de tip Power-Law obținute la analiza comportamentului reologic al gelului format din amidon acetilat din porumb cu alginat sunt:

$$y_1 = 0,1443 \cdot x^{0,9343}$$

$$y_2 = 0,1282 \cdot x^{0,8847}$$

$$y_3 = 0,0128 \cdot x^{1,0869}$$

Probele compuse din 25% și 75% alginat de sodiu au prezentat comportament slab pseudoplastic iar proba compusă din 50% alginat de sodiu a avut comportament slab dilatant.



### 7.3.3. *Determinarea comportamentului reologic al gelului format din amidon din porumb și cazeinat de sodiu*

Funcțiile de tip Power-Law obținute la analiza comportamentului reologic al gelului format din amidon acetilat din porumb cu cazeinat de sodiu sunt

$$y_1 = 0,2104 \cdot x^{0,7613}$$

$$y_2 = 0,1597 \cdot x^{0,7193}$$

$$y_3 = 0,085 \cdot x^{1,0845}$$

Probele compuse din 25% și 50% cazeinat de sodiu au prezentat comportament slab pseudoplastic iar proba compusă din 75% cazeinat de sodiu a avut comportament slab dilatant.

### 7.3.4. *Determinarea comportamentului reologic al gelului format din amidon din porumb și xantan*

Efortul limită la curgere pentru proba alcătuită din 25% xantan a fost de 40.46 Pa, iar după aplicarea acestei forțe materialul a început să curgă. Proba formată din 50% xantan amestecat cu 50% amidon acetilat din porumb are efortul limită la curgere de 22 Pa.

Proba în care 75% xantan a fost combinat cu 25% amidon acetilat din porumb a prezentat un comportament diferit față de celelalte două probe, și anume, a avut un efort limită la curgere de 132.6 Pa.

### 7.3.5. *Determinarea comportamentului reologic al gelului format din amidon din porumb și k-caragenan*

Efortul limită la curgere la proba alcătuită din 25% k-caragenan a fost de 4.05 Pa iar la proba compusă din 50% k-caragenan efortul limită la curgere a fost de 11.04 Pa. Proba în care 75% k-caragenan a fost combinat cu 25% amidon acetilat din porumb a prezentat un comportament diferit față de celelalte două probe, și anume, a avut un efort limită la curgere de 195.74 Pa.

### 7.3.6. *Determinarea comportamentului reologic al gelului format din amidon din porumb și chitosan*

Efortul limită la curgere al probei alcătuită din 25% chitosan a fost de 4.76 Pa, iar al probei alcătuite din 50% chitosan a fost de 34.08 Pa. Proba în care 75% chitosan a fost combinat cu 25% amidon acetilat din porumb a prezentat un comportament asemanator cu proba compusă din 50% chitosan, având un efort limită la curgere de 44.28 Pa.

### 7.3.7. *Determinarea comportamentului reologic al gelului format din amidon din porumb și carboximetil celuloză*

Efortul limită la curgere al probei alcătuită din 25% carboximetil celuloză a fost de 37.32 Pa. Proba formată din 50% carboximetil celuloză amestecată cu 50% amidon acetilat din porumb a avut un efort limită la curgere de 199.84 Pa, efort foarte apropiat de cel al probei compuse din 75% carboximetil celuloză (199.02 Pa).

### 7.3.8. *Concluzii*

Filmul compus din 100% amidon acetilat a prezentat un un comportament pseudoplastic.

Gelul format din alginat de sodiu a prezentat comportament slab pseudoplastic (25% și 50% alginat de sodiu) Gelul compus din 75% alginat a prezentat un comportament slab dilatant.

Gelul format din cazeinat de sodiu a prezentat comportament pseudoplastic (probele 25% și 50%) Proba formată din 75% cazeinat de sodiu a prezentat un comportament diferit, și anume comportament slab dilatant.

Proba în care 75% xantan a fost combinat cu 25% amidon acetilat din porumb a prezentat un efort limită la curgere de 132.6 Pa.

Proba în care 75% k-caragenan a fost combinat cu 25% amidon acetilat din porumb a prezentat un efort limită la curgere de 195.74 Pa.

Gelul format din 50% chitosan amestecat cu 50% amidon acetilat din porumb a prezentat un efort limită la curgere de 34.08 Pa.

Proba formată din 50% carboximetil celuloză amestecată cu 50% amidon acetilat din porumb a prezentat un efort limită la curgere de 199.84 Pa.

#### **7.4. Analiza suprafeței și structurii filmelor pe bază de amidon acetilat din porumb combinat cu diferiți polimeri**

##### *7.4.1. Film format din 100% amidon acetilat din porumb*

Din punct de vedere microscopic suprafața este rugoasă pe fața superioară a filmului compus din 100% amidon acetilat din porumb. Fața inferioară, cea care este în contact cu suportul, este netedă, fără rugozități vizibile. În secțiune filmul din 100% amidon este dispus în straturi uniforme.

##### *7.4.2. Film format din alginat de sodiu combinat în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb*

Filmul format din alginat de sodiu combinat în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb este unul continuu și uniform din punct de vedere microscopic.

Din punct de vedere microscopic probele alcătuite din 25% respectiv 75% prezintă fisuri în structură. Filmul compus din 50% alginat de sodiu este continuu și uniform.

##### *7.4.3. Film format din cazeinat de sodiu combinat în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb*

Din punct de vedere microscopic cazeinatul de sodiu combinat în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb nu a format un film deoarece nu și-a păstrat integritatea structurală în momentul manipulării.

Din punct de vedere microscopic filmele alcătuite din 25% respectiv 50% cazeinat de sodiu este netedă dar prezintă zone unde polimerii nu s-au amestecat, iar în secțiune polimerii sunt dispuși în straturi. Filmul compus din 75% cazeinat de sodiu a fost unul rugos și neuniform.

##### *7.4.4. Film format din xantan combinat în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb*

Din punct de vedere microscopic filmele obținute au prezentat bule de aer înglobate în matricea polimerică iar după uscare au fost lipicioase și greu de desprins de pe suprafața suportului.

Proba compusă din 25% xantan combinat cu 75% amidon acetilat este rugoasă și neuniformă în toate cele trei ipostaze (fața superioară, inferioară și în secțiune), la nivel microscopic.

proba compusă din 50% xantan prezintă mici fisuri pe suprafața sa și fisuri care nu s-au mai întâlnit pe fața interioară. În schimb fața superioară a probei alcătuită din 75% xantan este mult mai netedă și fără fisuri vizibile.

#### *7.4.5. Film format din k-caragenan combinat în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb*

Observațiile optice au relevat faptul că filmul obținut prin combinarea a 25% k-caragenan cu 75% amidon din porumb, a prezentat o fragilitate crescută. Această fragilitatea a fost redusă în proba obținută din 75% k-caragenan combinat cu 25% amidon din porumb.

Observațiile microscopice relevă rugozitatea și neuniformitatea filmului compus din 25% k-caragenan în toate cele trei ipostaze (pe fața superioară, inferioară și în secțiune). Aceiași rugozitate se poate observa și în secțiunea probei compuse din 50% k-caragenan. Probele alcătuite din 50 respectiv 75% k-caragenan au prezentat suprafețe superioare asemănătoare, netede și continue.

#### *7.4.6. Film format din chitosan combinat în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb*

Din punct de vedere macroscopic toate cele trei filme obținute au prezentat în structura lor zone în care chitosanul nu s-a dizolvat complet.

Filmele compuse din 50% respectiv 75% chitosan microscopic au prezentat suprafețe netede și continue. În schimb proba compusă din 25% chitosan a înglobat aer în structura sa. Secțiunea probei alcătuite din 25% chitosan nu este omogenă, ea prezentând zone neuniforme. Celelalte două filme compuse din 50 respectiv 75% chitosan, în secțiune formează straturi care sunt suprapuse.

#### *7.4.7. Film format din carboximetil celuloză combinată în diferite proporții cu amidon acetilat din porumb*

Analiza macroscopică arată că filmele obținute din 50 respectiv 75% carboximetil celuloză au înglobat foarte mult aer în matricea polimerică, în schimb filmul compus din 25% carboximetil celuloză a avut un aspect continuu și relativ uniform.

Analiza microscopică a filmelor alcătuite din 75% carboximetil celuloză a prezentat o suprafață netedă și cu fisuri, pe când proba alcătuită din 50% carboximetil celuloză a prezentat o slabă omogenizare a celor doi polimeri, iar proba cu 25% carboximetil celuloză a avut pe suprafața sa fisuri de dimensiuni mari.

În secțiune la toate cele trei filme se poate observa structura compactă și relativ uniformă.

#### *7.4.8. Concluzii*

Analiza suprafeței filmului alcătuit din 100% amidon acetilat din porumb a arătat un film continuu, uniform și compact.

Din punct de vedere al uniformității și al continuității filmelor se poate spune că filmul obținut prin amestecarea a 25% alginat de sodiu și a 75% amidon este superior celorlalte două filme analizate și testate.

În urma acestor observații se poate spune că filmul alcătuit din cazeinat de sodiu combinat cu amidon acetilat din porumb nu este potrivit pentru aplicații în industria alimentară.

Filmul alcătuit din 75% k-caragenan și 25% amidon acetilat din porumb prezintă cele mai bune caracteristici comparativ cu celelalte două filme (25 respectiv 50%) analizate.

Conform observațiilor asupra filmului compus din chitosan și amidon acetilat din porumb se poate evidenția calitatea superioară a filmului alcătuit din 50% chitosan combinat cu 50% amidon acetilat din porumb.

În urma acestor observații se poate evidenția calitatea filmului compus din 75% carboximetil celuloză combinat cu 25% amidon acetilat din porumb.

În urma acestei analize microscopice se poate concluziona că proba alcătuită din 25% xantan și 75% amidon acetilat din porumb a fost proba cu suprafața cea mai netedă, continuă și cu cel mai puțin aer înglobat în matricea polimerică.

## **7.5. Caracterizare din punct de vedere fizico-chimic a filmelor obținute**

Umiditatea celor nouăsprezece filme s-a situat între 17.6467% a probei compusă din 75% cazeinat de sodiu combinat cu 25% amidon acetilat din porumb, și 30.1600% dată de proba alcătuită din 75% chitosan combinat cu 25% amidon acetilat din porumb.

Cantitatea de cenușă obținută în urma analizei a fost cuprinsă 0.0433% aferente filmului alcătuit din 100% amidon acetilat din porumb, și 9.7752% aferente filmului obținut din 75% alginat de sodiu amestecat cu 25% amidon acetilat din porumb.

Din punct de vedere al acidității cele nouăsprezece probe au prezentat valori între 0.6800 grade de aciditate (filmul cu o compoziție de 25% chitosan și 75% amidon acetilat din porumb), și 8.2962 grade de aciditate (filmul cu o compoziție de 25% xantan și 75% amidon acetilat din porumb).

Din punct de vedere al activității apei probele au prezentat valori cuprinse între 0.393, filmul alcătuit din 25% k-caragenan combinat cu 75% amidon acetilat din porumb, și 0.559, valoare dată de filmul obținut din combinarea a 75% alginat de sodiu cu 25% amidon acetilat din porumb. În toate cele nouăsprezece probe această cantitate de apă liberă este extrem de redusă, ceea ce înseamnă că microorganismele nu se pot dezvolta pe suprafață.

## **7.6. Comportamentul termic al filmelor pe bază de amidon din porumb combinat cu diferiți biopolimeri**

### *7.6.1. Comportamentul termic al filmului format din 100% amidon acetilat din porumb*

Modificările termice ale filmului de amidon încep la temperatura de 35 °C, iar procesul de gelatinizare începe la temperatura de 90°C, unde proba acceptă căldură (au loc reacții endoterme) și se finalizează la temperatura de 130°C. Următorul proces termic (de cristalinizare) are loc la temperatura de 148°C, după care la temperatura de 219°C proba este complet topită (Naiaretti et al., 2016).

### *7.6.2. Comportamentul termic al filmului format din alginat de sodiu combinat cu amidon acetilat din porumb*

Procesul de gelatinizare al amidonului din cele trei filme este cuprins în intervalul de temperatură 70-130°C.

Proba alcătuită din 25% alginat de sodiu a înregistrat cea mai ridicată temperatură de cristalizare, și anume 193°C, temperatura de topire a fost de 238°C. Proba 50% alginat a înregistrat cea mai scăzută temperatură de cristalizare, și anume 138°C, iar temperatura de topire a fost de 236°C. Ultima proba compusă din 75% alginat de sodiu a înregistrat o temperatură de cristalizare, de 151°C și o temperatură de topire de 244°C (Naiaretti et al., 2016).

### *7.6.3. Comportamentul termic al filmului format din cazeinat de sodiu combinat cu amidon acetilat din porumb*

Procesul de gelatinizare al amidonului din cele trei filme este cuprins în intervalul de temperatură 70-120°C.

Proba alcătuită din 25% cazeinat de sodiu a înregistrat cea mai scăzută temperatură de cristalizare, și anume 153°C, iar temperatura de topire s-a înregistrat la 237°C. Proba alcătuită din 50% cazeinat de sodiu a înregistrat o temperatură de cristalizare de 156°C și o temperatură de topire de 267°C. Proba alcătuită din 75% cazeinat de sodiu combinat cu 25% amidon acetilat din porumb a înregistrat o temperatură de cristalizare de 160°C iar temperatura de topire a fost de 270°C (Naiaretti et al., 2016).

### *7.6.4. Comportamentul termic al filmului format din xantan combinat cu amidon acetilat din porumb*

Procesul de gelatinizare al amidonului din cele trei filme este cuprins în intervalul de temperatură 70-130°C.

Proba alcătuită din 25% xantan combinat cu 75% amidon acetilat din porumb și 50% xantan combinat cu 50% amidon acetilat din porumb au înregistrat cea mai ridicată temperatură de cristalizare, și anume 160°C, iar temperaturile de topire au fost: 268°C la proba compusă din 25% xantan și 255°C la proba alcătuită din 75% xantan. Proba alcătuită din 75% xantan combinat cu 25% amidon acetilat din porumb a înregistrat o temperatură de cristalizare, de 149°C și o temperatură de 236°C (Naiaretti et al., 2016).

### *7.6.5. Comportamentul termic al filmului format din chitosan combinat cu amidon acetilat din porumb*

Procesul de gelatinizare al amidonului din cele trei filme este cuprins în intervalul de temperatură 70-130°C.

Proba alcătuită din 25% chitosan combinat cu 75% amidon acetilat din porumb a înregistrat cea mai ridicată temperatură de cristalizare, și anume 160°C și o temperatură de topire de 267°C. Proba alcătuită din 75% chitosan combinat cu 25% amidon acetilat din porumb a înregistrat o temperatură de cristalizare, de 149°C și o temperatură de topire de 267°C (Naiaretti et al., 2016).

### *7.6.6. Comportamentul termic al filmului format din k-caragenan combinat cu amidon acetilat din porumb*

Procesul de gelatinizare al amidonului și procesele de cristalizare din cele trei filme nu a u fost surprinse în cadrul acestor determinări, datorită cantității foarte mari de acceptare a căldurii de către probe.

Proba alcătuită din 25% k-caragenan a prezentat temperatura de topire de 110°C, proba compusă din 50% k-carragenan s-a topit complet la 112°C iar filmul compus din 75% k-caragenan la temperatura de 109°C (Naiaretti et al., 2016).

### *7.6.7. Comportamentul termic al filmului format din carboximetil celuloză combinată cu amidon acetilat din porumb*

Procesul de gelatinizare al amidonului din cele trei filme este cuprins în intervalul de temperatură 70-130°C.

Proba alcătuită din 25% carboximetil celuloză combinată cu 75% amidon acetilat din porumb a înregistrat cea mai ridicată temperatură de cristalizare, și anume 165°C și o temperatură de topire de 272°C. Proba alcătuită din 50% carboximetil celuloză a înregistrat temperatura de tranziție în starea cristalină de 160°C și o temperatură de topire de 278°C. Proba alcătuită din 75% carboximetil celuloză a înregistrat o temperatură de cristalizare, de 146°C și o temperatură de topire de 269°C (Naiaretti et al., 2016).

#### 7.6.8. Concluzii

În urma realizării analizei DSC a amidonului acetilat se poate concluziona faptul că procesul de cristalinizare are loc la temperatura de 148°C iar cel de topire are loc la 219°C.

În urma realizării analizei DSC ale alginatului de sodiu se poate concluziona faptul că:

- Stabilitatea cea mai ridicată din punct de vedere al comportamentului termic s-a obținut în cadrul probei alcătuite din 25% alginat de sodiu combinat cu 75% amidon acetilat din porumb.
- Cea mai ridicată temperatură de topire (244°C)s-a înregistrat la proba compusă din 75% alginat de sodiu combinat cu 25% amidon acetilat din porumb.

În urma realizării analizei DSC ale cazeinatului de sodiu se poate concluziona faptul că:

- Probei alcătuită din 75% cazeinat de sodiu combinat cu 25% amidon acetilat din porumb a prezentat cea mai bună stabilitatea (la 160°C) și cea mai ridicată temperatură de topire (270°C) din punct de vedere al comportamentului termic.

În urma realizării analizei DSC ale xantanului se poate concluziona faptul că:

- Stabilitatea cea mai ridicată (160°C) din punct de vedere al comportamentului termic s-a obținut în cadrul probei alcătuite din 25% respectiv 50% alginat de sodiu combinat cu 75% respectiv 50% amidon acetilat din porumb.
- Cea mai ridicată temperatură de topire (268°C)s-a înregistrat la proba compusă din 25% xantan combinat cu 75% amidon acetilat din porumb.

În urma realizării analizei DSC ale chitosanului se poate concluziona faptul că:

- Stabilitatea cea mai ridicată (160°C) din punct de vedere al comportamentului termic s-a obținut în cadrul probei alcătuite din 25% chitosan combinat cu 75% amidon acetilat din porumb.
- Cea mai ridicată temperatură de topire (267°C)s-a înregistrat la proba compusă din 75% chitosan combinat cu 25% amidon acetilat din porumb.

În urma realizării analizei DSC ale k-caragenanului se poate concluziona faptul că:

- Cea mai ridicată temperatură de topire (112°C)s-a înregistrat la proba compusă din 50% k-caragenan combinat cu 50% amidon acetilat din porumb.

În urma realizării analizei DSC ale carboximetil celulozei se poate concluziona faptul că:

- Stabilitatea cea mai ridicată (165°C) din punct de vedere al comportamentului termic s-a obținut în cadrul probei alcătuite din 25% carboximetil celuloză combinată cu 75% amidon acetilat din porumb.
- Cea mai ridicată temperatură de topire (278°C)s-a înregistrat la proba compusă din 50% carboximetil celuloză combinată cu 50% amidon acetilat din porumb.

## **7.7. Biodegradarea filmelor pe bază de amidon acetilat din porumb combinat cu alți polimeri**

### *7.7.1. Evoluția biodegradării filmelor compuse din 100% amidon acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații*

De-a lungul perioadei de testare (21 zile) filmul compus din 100% amidon acetilat s-a descompus în proporție de 81% comparativ cu masa inițială, cea ce indică un proces accelerat de descompunere.

### *7.7.2. Evoluția biodegradării filmelor compuse din alginat de sodiu combinat cu amidon acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații*

Tendința filmelor alcătuite din 25% respectiv 75% este de a își mări greutatea în primele 7 zile după care începe procesul de descompunere. Această tendință nu a avut-o filmul compus din 50% alginat de sodiu care a pierdut în masă aproximativ 46% după primele 7 zile de testare, iar după alte 7 zile s-a degradat complet.

Proba compusă din 25% alginat de sodiu pierde în masă după 21 de zile de testare 65% iar cea compusă din 75% doar aproximativ 29%.

### *7.7.3. Evoluția biodegradării filmelor compuse din cazeinat de sodiu combinat cu amidon acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații*

Toate cele trei filme (25%, 50% și 75%) indiferent de raportul între amidon și cazeinat de sodiu, acestea s-au degradat complet într-un interval de 7 zile.

### *7.7.4. Evoluția biodegradării filmelor compuse din xantan combinat cu amidon acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații*

Toate cele trei filme (25%, 50% și 75%) indiferent de raportul între amidon și xantan, acestea s-au hidrolizat până la starea de gel în primele 7 zile de testare. Acest lucru a făcut cuantificarea probelor imposibilă.

### *7.7.5. Evoluția biodegradării filmelor compuse din chitosan combinat cu amidon acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații*

Filmul compus din 25% chitosan a pierdut 90% din masa inițială, filmul compus din 50% chitosan a pierdut aproximativ 80% din masa inițială iar cel alcătuit din 75% chitosan doar aproximativ 31% după 21 zile de testare.

### *7.7.6. Evoluția biodegradării filmelor compuse din k-caragenan combinat cu amidon acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații*

Filmul compus din 25% k-caragenan a pierdut 75% din masa inițială iar filmul compus din 50% caragenan a pierdut aproximativ 8% pe perioada a 21 de zile.

Filmul alcătuit din 75% k-caragenan și-a mărit greutatea cu aproximativ 60% comparativ cu masa inițială.

### *7.7.7. Evoluția biodegradării filmelor compuse din carboximetil celuloză combinată cu amidon acetilat din porumb de-a lungul celor 21 de zile de observații*

Nici una din combinațiile testate de amidon modificat și carboximetil celuloză (25%, 50% și 75%) nu își păstrează integritatea structurală după 14 zile de testare a biodegradabilității.

### 7.7.8. Concluzii

Filmele care s-au descompus total după șapte zile de testare au fost: 75% carboximetil celuloza, toate probele formate din xantan și toate probele formate din cazeinat de sodiu.

Filmele care s-au descompus total după paisprezece zile de testare au fost: 50% alginat de sodiu și 25% carboximetil celuloza.

Filmele care s-au descompus în proporție de 50% sau mai mult în 21 de zile au fost: 100% amidon acetilat, 25% alginat de sodiu, 25 și 50% chitosan și 25% k-caragenan.

Filmele care s-au descompus în proporție de mai redusă de 50% în 21 de zile au fost: 50% k-caragenan, 75% chitosan și 75% alginat de sodiu.

Singura probă care și-au mărit greutatea după 21 de zile de testare a fost cea compusă din 75% k-caragenan.

## 7.8. Analiza senzorială a probelor de carne și cașcaval ambalate în filmele pe bază de amidon acetilat din porumb selectate în urmă analizelor efectuate

### 7.8.1. Analiza senzorială a probelor de carne de-a lungul perioade de testare

7.8.1.1. Analiza senzorială a probelor martor de carne de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C

Probele de carne depozitate la temperatura de 4°C au prezentat o degradare a caracteristicile senzoriale urmărite (aspect, culoare, consistență și miros) de-a lungul celor 16 zile de testare, proces observat imediat după primele 4 zile de depozitare.

În cazul probelor de carne depozitate la temperatura de -15°C caracteristicile senzoriale au prezentat o degradare a calității începând cu ziua a 12-a de testare.

7.8.1.2. Analiza senzorială a probelor de carne ambalate în filmul de amidon de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C

Probele de carne ambalate în filmul compus din 100% amidon și depozitate la temperatura de 4°C au avut o degradare a calității produsului după 4 zile de depozitare. În cazul probelor de carne depozitate la temperatura de -15°C caracteristicile senzoriale urmărite au prezentat o degradare a calității începând cu ziua a 8-a de testare.

7.8.1.3. Analiza senzorială a probelor de carne ambalate în filmul de alginat de sodiu de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C

În cazul probelor de carne ambalate în filmul compus din 25% alginat de sodiu combinat cu 75% amidon și depozitate la temperatura de 4°C caracteristicile senzoriale urmărite au prezentat o degradare a calității produsului după 4 zile de depozitare.

În cazul probelor de carne ambalate în filmul selectat și depozitate la temperatura de -15°C caracteristicile senzoriale urmărite (aspect, culoare, consistență și miros) s-au menținut satisfăcătoare o perioadă de 12 zile.

7.8.1.4. Analiza senzorială a probelor de carne ambalate în filmul de k-caragenan de-a lungul perioadei de testare la temperatura de 4°C și -15°C

Probele de carne ambalate în filmul compus din 75% k-caragenan combinat cu 25% amidon și depozitate la temperatura de 4°C și-au menținut caracteristicile senzoriale urmărite 8 zile de depozitare.



Probele de carne ambalate în filmul compus din 75% k-caragenan combinat cu 25% amidon din porumb și depozitate la temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$  au prezentat caracteristici senzoriale foarte bune pe toată perioada de testare (16 zile).

7.8.1.5. Analiza senzorială a probelor de carne ambalate în filmul de carboximetil celuloză de-a lungul perioadei de testare la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  și  $-15^{\circ}\text{C}$

Probele de carne ambalate în filmul compus din 50% carboximetil celuloză combinată cu 50% amidon și depozitate la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  și-au menținut caracteristicile senzoriale doar 4 zile din perioada de depozitare.

Probele de carne ambalate în filmul compus din 50% carboximetil celuloză combinată cu 50% amidon din porumb și depozitate la temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$  au prezentat caracteristici senzoriale foarte bune pe aproape toată perioada de testare (12 zile).

7.8.2. *Analiza senzorială a probelor de cașcaval de-a lungul perioadei de testare*

7.8.2.1 Analiza senzorială a probelor martor de cașcaval de-a lungul perioadei de testare la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  și  $-15^{\circ}\text{C}$

Probele martor de cașcaval depozitate la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  și-au menținut caracteristici senzoriale bune doar 8 zile din perioada de depozitare, după care a început procesul de degradare.

Probele martor de cașcaval depozitate la temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$  au prezentat caracteristici senzoriale foarte bune pe aproape toată perioada de testare (16 zile), doar aspectul a suferit modificări în ultima analiză.

7.8.2.2. Analiza senzorială a probelor de cașcaval ambalate în filmul de amidon de-a lungul perioadei de testare la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  și  $-15^{\circ}\text{C}$

Probele de cașcaval ambalate în filmul compus din 100% amidon și depozitate la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  și-au menținut toate caracteristicile senzoriale doar 8 zile din perioada de depozitare, după care a început procesul de degradare în ceea ce privește aspectul.

Probele de cașcaval ambalate în filmul compus din 100% amidon și depozitate la temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$  și-au menținut caracteristicile senzoriale doar 4 zile, după care doar culoarea nu s-a modificat de-a lungul perioadei de testare.

7.8.2.3. Analiza senzorială a probelor de cașcaval ambalate în filmul de alginat de sodiu de-a lungul perioadei de testare la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  și  $-15^{\circ}\text{C}$

Probele de cașcaval ambalate în filmul compus din 25% alginat de sodiu combinat cu 75% amidon și depozitate la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  și-au menținut toate caracteristicile senzoriale doar 8 zile din perioada de depozitare, după care a început procesul de degradare în ceea ce privește aspectul și mirosul.

Probele de cașcaval ambalate în filmul compus din 25% alginat de sodiu și depozitate la temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$  și-au menținut caracteristicile senzoriale doar 4 zile, după care toate caracteristicile au intrat într-un proces de degradare de-a lungul perioadei de testare.

7.8.2.4. Analiza senzorială a probelor de cașcaval ambalate în filmul de carboximetil celuloză de-a lungul perioadei de testare la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  și  $-15^{\circ}\text{C}$

Probele de cașcaval ambalate în filmul compus din 50% carboximetil celuloză combinată cu 50% amidon și depozitate la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  și-au menținut toate caracteristicile

senzoriale timp de 12 zile din perioada de depozitare, după care a început procesul de degradare în ceea ce privește aspectul.

Probele de cașcaval ambalate în filmul compus din 50% carboximetil celuloză și depozitate la temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$  și-au menținut caracteristicile senzoriale 12 zile, după care doar mirosul și aspectul s-au degradat.

7.8.2.5. Analiza senzorială a probelor de cașcaval ambalate în filmul de k-caragenan de-a lungul perioadei de testare la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  și  $-15^{\circ}\text{C}$

Probele de cașcaval ambalate în filmul compus din 75% caragenan combinat cu 25% amidon și depozitate la temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  și-au menținut toate caracteristicile senzoriale pe toată perioada de depozitare.

Probele de cașcaval ambalate în filmul compus din 75% k-caragenan și depozitate la temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$  și-au menținut toate caracteristicile senzoriale pe toată perioada de testare (16 zile).

7.8.2.6. Concluzii

În urma acestei cercetării senzoriale se poate concluziona faptul că aproape toate filmele testate sunt potrivite pentru a se utiliza ca și ambalaj al cărnii și al cașcavalului.

Filmul compus din 100% amidon acetilat din porumb a prezentat cele mai slabe caracteristici în urma testării senzoriale.

Din punct de vedere al punctajului obținut în urma analizei senzoriale filmul compus din 25% alginat de sodiu combinat cu 75% amidon acetilat din porumb acesta s-a clasat pe locul trei din punct de vedere al punctajului obținut.

Un film cu proprietăți superioare celor compuse din 100% amidon acetilat din porumb și 25% alginat de sodiu combinat cu 75% amidon acetilat din porumb a fost cel compus din 50% carboximetil celuloză combinată cu 50% amidon acetilat din porumb.

Pe locul întâi din punct de vedere al capacității de conservare a produselor din carne și cașcaval s-a situat filmul compus din 75% k-caragenan combinat cu 25% amidon acetilat din porumb.

7.8.3. *Influența tipului de ambalaj utilizat asupra caracteristicilor senzoriale ale probelor de carne și cașcaval*

7.8.3.1. Influența tipului de ambalaj utilizat asupra aspectului probelor de carne și cașcaval

Cea mai mare influență asupra aspectului probelor de carne și cașcaval din punct de vedere al tipului de ambalaj utilizat în păstrarea probelor îl are filmul compus din 75% k-caragenan ( $F=12,812$ ).

Nivelul de semnificație pentru aspect este de 0,00 adică sub pragul de 0,01, prin urmare **aspectul** este influențat în mod semnificativ de către tipul de ambalaj utilizat.

7.8.3.2. Influența tipului de ambalaj utilizat asupra culorii probelor de carne și cașcaval

Cea mai mare influență asupra culorii probelor de carne și cașcaval din punct de vedere al tipului de ambalaj utilizat în păstrarea probelor îl are filmul compus din 75% k-caragenan ( $F=2,183$ ).

Nivelul de semnificație pentru culoare este de 0,079 adică peste pragul de 0,05, prin urmare **culoarea** nu este influențat în mod semnificativ de către tipul de ambalaj utilizat.

### 7.8.3.3. Influența tipului de ambalaj utilizat asupra consistenței probelor de carne și cașcaval

Cea mai mare influență asupra consistenței probelor de carne și cașcaval din punct de vedere al tipului de ambalaj utilizat în păstrarea probelor îl are filmul compus din 75% k-caragenan ( $F=2,170$ )

Nivelul de semnificație pentru consistență este de 0,080 adică peste pragul de 0,05, prin urmare **consistența** nu este influențat în mod semnificativ de către tipul de ambalaj utilizat.

### 7.8.3.4. Influența tipului de ambalaj utilizat asupra mirosului probelor de carne și cașcaval

Cea mai mare influență asupra mirosului probelor de carne și cașcaval din punct de vedere al tipului de ambalaj utilizat în păstrarea probelor îl are filmul compus din 75% k-caragenan ( $F=6,045$ )

Nivelul de semnificație pentru miros este de 0,00 adică sub pragul de semnificație de 0,01, prin urmare **mirosul** este influențat în mod semnificativ de către tipul de ambalaj utilizat.

### 7.8.3.5. Concluzii

Analiza statistică ANOVA a relevat faptul că aspectul, culoarea, consistența și mirosul sunt influențate de tipul ambalajului utilizat pentru a ambala produsele de carne și cașcaval.

Din punct de vedere al aspectului filmele compuse din 100% amidon, 25% alginat de sodiu combinat cu 75% amidon din porumb și 50% carboximetil celuloză combinată cu 50% amidon acetilat din porumb, au o influență negativă asupra probelor de carne și cașcaval.

Din punct de vedere al culorii toate cele patru filme testate au o influență pozitivă asupra probelor de carne și cașcaval de-a lungul perioadei de testare.

Din punct de vedere al consistenței singurul film care a prezentat o influență pozitivă a fost cel compus din 75% k-caragenan combinat cu 25% amidon acetilat din porumb.

Din punct de vedere al influenței pozitive asupra mirosului probelor de carne și cașcaval, doar filmul compus din 75% k-caragenan combinat cu 25% amidon acetilat a prezentat aceste caracteristici.

## 7.9. Analiza microbiologică a probelor de carne și cașcaval ambalate în filmele selectate

### 7.9.1. Determinarea numărului total de germeni (NTG)

În cazul probelor de carne ambalate în filmele pe bază de amidon și depozitate la 4°C și la -15°C numărul maxim de germeni s-a întâlnit în cazul probelor ambalate în filmul compus din 25% alginat de sodiu, urmat de filmul compus din 100% amidon acetilat.

În cazul probelor de cașcaval ambalate în filmele pe bază de amidon și depozitate la de 4°C numărul maxim de germeni s-a întâlnit în cazul probelor ambalate în filmul compus din 100% amidon acetilat urmat de filmul compus din 50% carboximetil celuloză. La temperatura de -15°C cei mai mulți germeni s-au întâlnit în proba ambalată în filmul compus din 100% amidon acetilat urmat de filmul compus din 25% alginat de sodiu.

### 7.9.2. Determinarea numărului de fungi și drojdii

Probele de cașcaval depozitate la temperatura de 4°C și -15°C care ambalate în filmele pe bază de amidon acetilat combinat cu alți biopolimeri au dezvoltat un număr mult mai mic de drojdii și mucegaiuri pe suprafața lor comparativ cu proba martor care a fost ambalată în filmul compus din 100% amidon acetilat din porumb, ceea ce indică o bună protecție exercitată de

acestea din punct de vedere microbiologic. Doar proba compusă din 25% alginat de sodiu a dezvoltat un număr mai mare de drojdii și mucegaiuri

Probele de carne și cașcaval ambalate în filmul compus din 75% k-caragenan combinat cu 25% amidon acetilat din porumb nu au dezvoltat deloc drojdii și mucegaiuri.

### 7.9.3. Concluzii

Probele de carne și cașcaval ambalate în filmul alcătuit din 100% amidon acetilat au prezentat cel mai mare număr total de germeni (132 UFC) în cazul probei de cașcaval depozitată la 4°C. Acest lucru s-a menținut la fel și în cazul numărului de drojdii și mucegaiuri, s-au găsit un număr de 50 UFC.

Probele de carne și cașcaval ambalate în filmul alcătuit din 25% alginat de sodiu combinat cu 75% amidon acetilat au prezentat un număr total de germeni de 80 UFC în cazul probei de carne depozitată la temperatura de -15°C. În cazul numărului de drojdii și mucegaiuri cea mai ridicată valoare s-a obținut în proba de cașcaval depozitată la temperatura de 4°C.

Probele de carne și cașcaval ambalate în filmul alcătuit din 50% carboximetil celuloză combinată cu 50% amidon acetilat numărul maxim de germeni (90 UFC)s-a înregistrat în cadrul probei de cașcaval depozitat la 4°C. În probele unde s-au determinat numărul de drojdii și mucegaiuri s-au găsit un număr de 10 UFC în proba de carne depozitată la temperatura de -15°C.

Probele de carne și cașcaval ambalate în filmul alcătuit din 75% k-caragenan au dezvoltat un număr total de germeni în valoare de 28 UFC în proba de carne depozitată la temperatura de 4°C. În cazul numărului total de drojdii și mucegaiuri cea mai ridicată valoare (20 UFC)s-a întâlnit în proba de carne depozitată la 4°C.

## 8. CONCLUZII FINALE

1. În urma optimizării adaosului de acid acetic și glicerol în compozițe s-a dovedit că filmul cu cele mai bune proprietăți este cel în care în compoziția lui s-au folosit cantitățile medii ale acidului acetic și ale glicerolului, și anume 5%.

2. În urma cercetării, s-a constatat că acțiunea de inhibiție parțială cea mai puternică asupra bacteriilor lactice folosite la obținerea brânzeturilor este redată de prezența uleiului volatil de scorțișoară, fiind urmat de uleiul volatil de cimbru. Uleiurile volatile de busuioc, ienupăr și pin prezintă asupra tuturor tipurilor de bacterii lactice o puternică acțiune de favorizare a dezvoltării culturilor.

3. Din punct de vedere al acțiunii uleiurilor volatile testate în cadrul cercetării asupra microorganismelor patogene se poate concluziona faptul că cea mai mare acțiune inhibitoare s-a întâlnit în cazul uleiului de scorțișoară și cimbru.

4. Cercetarea s-a desfășurat utilizând 6 tipuri de probe, fiecare probă a fost alcătuită din 3 subprobe ce reprezintă filme compuse din concentrații diferite ale biopolimerilor utilizați (25%; 50%; respectiv 75% biopolimer din masa filmului), utilizând ca și probă de referință filmul din 100% amidon acetilat din porumb.

Din punct de vedere al comportamentului reologic se poate concluziona faptul că:

- Filmul compus din 100% amidon acetilat a prezentat un comportament pseudoplastic.
- Gelul format din alginat de sodiu a prezentat comportament slab pseudoplastic (25% și 50% alginat de sodiu). Gelul compus din 75% alginat a prezentat un comportament slab dilatant.

- Gelul format din cazeinat de sodiu a prezentat comportament pseudoplastic (probele 25% și 50%). Proba formată din 75% cazeinat de sodiu a prezentat un comportament diferit, și anume comportament slab dilatant.
- Proba în care 75% xantan a fost combinat cu 25% amidon acetilat din porumb a prezentat un efort limită la curgere de 132.6 Pa.
- Proba în care 75% k-caragenan a fost combinat cu 25% amidon acetilat din porumb a prezentat un efort limită la curgere de 195.74 Pa.
- Gelul format din 50% chitosan amestecat cu 50% amidon acetilat din porumb a prezentat un efort limită la curgere de 34.08 Pa.
- Proba formată din 50% carboximetil celuloză amestecată cu 50% amidon acetilat din porumb a prezentat un efort limită la curgere de 199.84 Pa.

5. Din punct de vedere al structurii și uniformității filmelor compuse din diferite proporții de amidon acetilat din porumb combinat cu alți biopolimeri se poate concluziona faptul că filmele alcătuite din alginat de sodiu, carboximetil celuloză și k-caragenan au prezentat cea mai bună uniformitate.

6. Din punct de vedere fizico-chimic se poate spune că toate filmele se încadrează în standardele de calitate aferente determinărilor efectuate.

7. Analiza stabilității termice a aratat destructurarea și restructurarea amestecurilor biopolimeri – amidon și a evidențiat compatibilizarea polimerilor din amestec prin intermediul inflexiunilor reprezentate de termogramele DSC. Compatibilizarea a fost pusă în evidență prin endoterme de gelatinizare și topire (peak-uri) care au arătat un grad avansat de modificare morfologică a polimerilor, aspect indicat de valorile peak-urilor endoterme obținute în funcție de timp și temperatură.

8. În urma cercetării gradului de descompunere s-a demonstrat că majoritatea combinațiilor de amidon acetilat și biopolimeri, cu concentrații diferite, au tendința de degradare relativ asemănătoare. Tendința de creștere în masă în primele 7 zile, urmate de o scădere în masă în următoarele 14 zile.

9. Cel mai eficient film testat din punct de vedere al capacității de conservare și a integrității structurale a cărnii proaspete și a cașcavalului la temperatura de 4°C și de -15°C a fost reprezentat de filmul compus din 75% k-caragenan combinat cu 25% amidon acetilat din porumb.

10. Din punct de vedere microbiologic numărul total de germeni care s-au dezvoltat pe suprafața probelor de carne și cașcaval ambalate în cele patru filme testate a fost cuprins între 132 UFC (cașcaval ambalat în filmul compus din 100% amidon acetilat și depozitat la 4°C) și 2 UFC (cașcaval ambalat în filmul compus din 75% k-caragenan și depozitat la -15°C). Din punct de vedere al numărului de drojdii și mucegaiuri maximumul de 70 UFC s-a întâlnit la proba de cașcaval ambalat în filmul de 25% alginat de sodiu și depozitat la 4°C, pe proba de cașcaval depozitată la 4°C nu s-a dezvoltat nici un microorganism.

## **8. CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI PERSPECTIVE DE CONTINUARE A CERCETĂRILOR**

### *Contribuții personale:*

- Optimizarea obținerii unor filme bioactive pe bază de amidon acetilat din porumb;
- Caracterizarea filmelor obținute din punct de vedere reologic, fizico-chimic și structural;

- Influența diferitelor uleiuri volatile asupra bacteriilor lactice folosite la obținerea brânzeturilor și asupra microorganismelor patogene;
- Caracterizarea din punct de vedere reologic, fizico-chimic, structural și termic a filmelor obținute în urma combinării amidonului acetilat cu alginat de sodiu, cazeinat de sodiu, xantan, k-caragenan, chitosan și carboximetil celuloza;
- Realizarea analizei biodegradabilității filmelor obținute;
- Testarea capacității de conservare a produselor din carne și cașcaval.
- Studiul pe baza analizei ANOVA a influenței filmelor asupra caracteristicilor senzoriale.

*Perspective de continuare a cercetărilor:*

- Incorporarea de uleiuri esențiale sau alți compuși naturali bioactivi în filmele care au prezentat cele mai bune caracteristici care să fie testate și utilizate ca și ambalaje bioactive.
- Testarea transferului de compuși.
- Testarea filmelor alimentare și pe alte grupe de alimente.
- Testarea elasticității, rezistenței la rupere și deformare.
- Testarea rezistenței la efort sub acțiunea temperaturii.
- Îmbunătățirea proprietăților filmelor cu ajutorul tratamentului cu plasmă rece.
- Abordarea altor proporții de biopolimeri implicate în obținerea filmelor alimentare pe bază de amidon din porumb.
- Abordarea altor biopolimeri și cu proprietăți compatibile cu cele ale plasticului biodegradabil, biocompatibil și bioactiv.
- Testarea biodegradabilității filmelor și în mediul acvatic.

**BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ**

1. Mironescu I.D. 2014. Metode reologice și texturale de control al calității alimentelor”, 250 p., Ed. Univ. Lucian Blaga Sibiu, ISBN 978-606-12-1024-4.
2. Mironescu V., Mironescu M., 2000. Obținerea și Asigurarea Calității produselor zaharoase. Sibiu: Editura Universitatii Lucian Blaga.
3. Moza M.I., Mironescu M., Georgescu C., Florea M., Bucsa L. 2012. Isolation and characterisation of moulds degrading mural paintings, Annals of RSBC, 17 (1), 136-141.
4. SR 6345-1995. Lapte și produse lactate. Analiză senzorială.
5. STAS 7585-75. Carne. Examenul organoleptic.
6. Stancu E.C., Moza M.I., Maxim D., Dinescu G. 2013. Fungal decontamination of mural paintings by dielectric barrier atmospheric pressure planar plasma jet, in Proceedings of International Plasma Chemistry Society.
7. ISO 16929:2002 "Plastics – determination of the degree of disintegration of plastic material under defined composting conditions in a pilot-scale test".
8. Naiaretti D., Mironescu M., Tița O. 2014. Bioactivity and biodegradability of active starch based films. Conference Proceedings of International Conference of Doctoral and Post-Doctoral. Craiova 12-13 September, vol. 1, 106-115.
9. Naiaretti D., Mironescu M., Tița O. 2014. Antimicrobial activity of active biodegradable starch films on pathogenic microorganisms, Annals of the Romanian Society for Cell Biology, vol. XIX, Issue 1, ISSN 2067 – 8282, 75 – 80.
10. Naiaretti D., Dirleci S., Mironescu M., Tița O. 2016. Thermal analysis of food films based on starch combined with different biopolymers. Acta Universitatis Cibiniensis Series E: Food Technology. Article in press.