

RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL

privind implementarea proiectului **Materiale inovative, comestibile și biodegradabile, destinate ambalării suplimentelor alimentare (InNoMAT)**

Contract de finanțare nr PD32/2020 Cod proiect PN-III-P1-1.1-PD-2019-0793

Perioadă derulare 01.09.2020– 31.08.2022

ETAPA I – perioadă derulare septembrie 2020 – decembrie 2020

✓ **Rezumatul etapei I**

Etapa I – Stabilirea compoziției optime în vederea obținerii de materiale necesare ambalării suplimentelor alimentare – partea I a presupus realizarea a două activități, așa cum rezultă și în Planul de realizare al proiectului. Activitățile prevăzute au fost realizate integral.

Conform obiectivelor etapei I de execuție, primele acțiuni au vizat identificarea biopolimerilor ce pot fi folosiți pentru obținerea materialului de ambalare a suplimentelor alimentare. Din experiența acumulată până în prezent, s-a urmărit utilizarea agarului, alginatului de sodiu și a glicerolului pentru plastifiere. Atât biopolimerii utilizați, cât și plastifiantul, au fost folosiți în diferite cantități și combinații, pentru identificarea unei compoziții optime. Această etapă a presupus și consultarea unor noi articole din literatura de specialitate, pentru a lua în calcul stadiul cercetărilor în domeniu. De menționat că această etapă s-a continuat și în 2021, așa cum este prevăzut în Planul de realizare al proiectului.

Obiectivele specifice asumate în etapa I au fost realizate, iar rezultatele au fost următoarele:

- S-a identificat și testat componența materialelor; s-a stabilit compoziția optimă prin utilizarea unor biopolimeri precum agarul și alginatul de sodiu.
- S-a identificat plastifiantul optim și concentrația necesară pentru dezvoltarea unor materiale cu caracteristici superioare. Astfel, s-a stabilit că glicerolul, substanța cu cele mai bune proprietăți necesare obținerii unor astfel de pelicule, trebuie să se regăsească în concentrație de maxim 40%, pentru a favoriza dezvoltarea de materiale cu performanțe fizico-chimice și mecanice.

✓ **Diseminarea rezultatelor etapei I**

- Lucrarea „***New applications of biopolymers and essential oils: edible packaging material for food supplements***”, autori Roxana Gheorghiuță, Sonia Amariei, Gheorghe Gutt (referință abstract COLL2020_0598) a fost prezentată la conferința internațională „***10th International Colloids Conference***” organizată de Elsevier, desfășurată în perioada 7-9.12.2020, la Barcelona și susținută în regim on-line.
- Abstractul „***The contribution of biopolymers in reducing environmental problems caused by packaging waste: edible materials for food supplements***” a fost acceptat la conferința internațională „***Agriculture for Life, Life for Agriculture***”, organizată de USAMV București în perioada 3-5.06.2021, iar lucrarea *in extenso* să fie trimisă organizatorilor conform

calendarului conferinței și publicată în "*Biotechnology*", Vol. XXV, 2021, ISSN 2285-1364. Lucrarea a fost premiată în cadrul evenimentului, obținând titlul pentru „Cel mai bun poster” la categoria Biotehnologiei și posibilitatea de a participa gratuit la următoarea manifestare științifică.

- Au fost depuse la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci (OSIM) 2 propuneri de invenție, astfel: „*Aparat pentru trasarea automată a curbilor de umiditate pentru membrane alimentare comestibile*”, dosar OSIM A00620/02.10.2020 și „*Aparat pentru realizarea automată și concomitentă a familiilor de curbe de adsorbție a apei la membrane alimentare comestibile*”, dosar OSIM A00762/20.11/2020.

ETAPA a II-a – perioadă derulare ianuarie 2021 – decembrie 2021

✓ Rezumatul etapei a II-a

Etapa a II-a – Stabilirea compoziției optime în vederea obținerii unor materiale necesare ambalării suplimentelor alimentare – partea a II-a. Testarea și caracterizarea a presupus realizarea a șapte activități, așa cum rezultă și în Planul de realizare a proiectului și a fost realizată integral.

Activitatea 2.1 – Identificarea compușilor naturali ce pot fi utilizați în vederea îmbunătățirii materialului aflat în contact direct cu produsul ce urmează a fi ambalat a vizat stabilirea compușilor naturali utilizați pentru dezvoltarea de materiale biopolimerice: agarul, alginatul, amidonul și glicerolul. Chiar dacă aceștia au fost testați și în prima etapă a proiectului, compozițiile au fost optimizate în vederea dezvoltării de materiale cu caracteristici superioare.

Această activitate a fost strâns corelată cu **Activitatea 2.2 – Alte adaosuri naturale ce pot fi utilizate pentru obținerea de materiale cu caracteristici superioare.** Astfel, uleiuri esențiale din citrice și plante medicinale au fost introduse în soluția formatoare de film, în vederea obținerii de materiale cu caracteristici îmbunătățite. După obținerea materialelor, acestea au fost testate prin intermediul **Activității 2.3 – Testarea și caracterizarea materialelor obținute: testarea microstructurii și a proprietăților fizice, Activității 2.4 – Testarea mecanică și evaluarea caracteristicilor de textură, Activității 2.5 – Identificarea gradului de solubilizare și capacitatea de hidratare a materialului obținut din biopolimeri,** precum și **Activității 2.7 – Testarea caracteristicilor de natură microbiologică.**

Conform obiectivelor etapei a II-a de execuție, activitățile din cadrul proiectului au vizat stabilirea compozițiilor finale ale materialelor biodegradabile utilizate pentru ambalarea suplimentelor alimentare. Etapa anterioară, derulată în vederea stabilirii compoziției optime necesară dezvoltării de ambalaje, a facilitat identificarea biopolimerilor ce vor fi utilizați pentru desfășurarea activităților viitoare. Compozițiile dezvoltate în prima etapă a proiectului au fost îmbunătățite, iar materialele obținute au fost testate și caracterizate din punct de vedere fizic, mecanic și microbiologic. Au fost vizate, de asemenea, și identificarea gradului de solubilizare și capacitatea de hidratare a materialului biopolimeric.

✓ Diseminarea rezultatelor etapei a II-a

- Publicare articol „*Edible Biopolymers-Based Materials for Food Applications—The Eco Alternative to Conventional Synthetic Packaging*”, autori Roxana Gheorghita Puscaselu, Irina

Besliu, Gheorghe Gutt, în regim open acces în revista de specialitate **Polymers**, zona Q1, IF – 4,329, vol. 13(21), 3779; <https://doi.org/10.3390/polym13213779>.

- Publicare articol „**Use of polymers in the development of edible packaging materials for food supplements**”, autori Roxana Gheorghita, Sonia Amariei, Gheorghe Gutt în **Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies**, indexat BDI în baze de date internaționale, Vol. XXV, No. 1, 2021, ISSN 2285-1364, http://biotechnologyjournal.usamv.ro/pdf/2021/issue_1/Art17.pdf.
- Participare conferință internațională „**21st International Scientific GeoConference SGEM 2021**” și publicarea articolului „**The importance of starch source in the development of edible materials for food packaging**”, autori Roxana Gheorghita, Gheorghe Gutt, în volumul – „**Conference Proceedings of the 21st International Scientific GeoConference SGEM 2021**”, ISSN 1314-2704, vol 21 (6.1), 147-154, <https://www.proquest.com/openview/d3badd723c61027319affc03225b9770/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1536338>. Articolul a fost premiat cu premiul „The best speaker”.
- Participare conferință „**The International Conference “Biotechnologies, Present and Perspectives**” Suceava, Romania și prezentarea lucrării „**New applications of starch in the food industry: the development of edible packaging materials**”, autori Roxana Gheorghita, Gheorghe Gutt, a cărei abstract a fost publicat în volumul conferinței, „**The International Conference “Biotechnologies, Present and Perspectives” Suceava, Romania, 8th Edition, 5th November 2021. ABSTRACTS**”, ISSN 2068 – 0819, pag. 77, <https://fiajournal.usv.ro/conference2021/>.
- Participare conferință internațională „**21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021**” și publicarea articolului „**Are biopolymers the weapon against pollution due to disposable packaging? New biobased edible materials for packaging food supplements**”, autori Roxana Gheorghita, Gheorghe Gutt în volumul indexat ISI – „**Conference Proceedings of the 21st International Scientific GeoConference SGEM 2021**”, ISSN 1314-2704, vol 21 (5.1), 341-347, <https://www.proquest.com/openview/35e34044501f055dc924929c2f9abaff/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1536338>.
- Participare congres „**6th ASIA PACIFIC International Modern Sciences Congress**”, 15-16.12.2021, Delhi, India și prezentarea lucrării „**Use of Biopolymers and Natural Essential Oils for the Development of Edible Packaging for Food Supplements**”, autori Roxana Gheorghita, Gheorghe Gutt. Rezumatul face parte din volumul conferinței, ce poate fi urmărit pe pagina <https://en.iksadasia.org/kitaplar>.
- Trimitere propunere de brevet „**Film biopolimeric, biodegradabil și comestibil, utilizat pentru ambalarea produselor alimentare pulverulente**”, înregistrată la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci, număr de înregistrare A00737/06.12.2021.
- Publicare carte „**Îndrumar de utilizare a filmelor și foliilor subțiri**”, autor Roxana Gheorghita, ISBN 978-606-685-835-9, la Editura Performantica, acreditată CNC SIS, Iași (Foto 1).

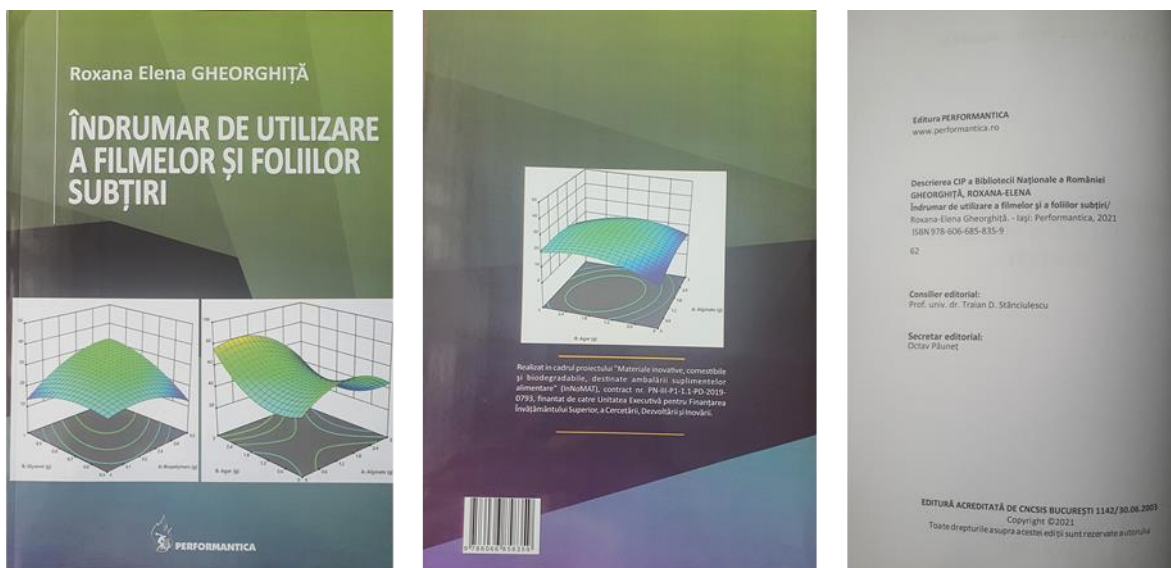


Foto 1

✓ ETAPA a III-a – perioadă derulare ianuarie 2022 – 31 august 2022

• Rezumatul etapei a III-a

Etapa a III-a - Dezvoltarea materialelor conform compozițiilor optimizate furnizate de programele statistice. Ambalarea suplimentelor alimentare și evaluarea în timp. Activitățile 3.1 - Testarea materialelor cu ajutorul Spectrofotometrului cu plasma cuplată inductiv, 3.2 - Dezvoltarea materialelor cu compoziție corectată cu ajutorul programelor statistice folosite în vederea optimizării și 3.3 - Identificarea eventualelor modificări ce pot să apară în compoziția materialelor și a suplimentelor alimentare ambalate, pe parcursul perioadei de testare au avut ca scop testarea finală a materialelor obținute, în vederea transpunerii acestora către mediul industrial.

Astfel, compoziția propusă pentru brevetare în etapa a II-a a fost folosită pentru dezvoltarea de materiale cu caracteristici superioare față de cele anterioare sau cele raportate în literatura de specialitate.

Întrucât ambalajul propus este unul comestibil, pentru siguranța ingerării acestuia s-au utilizat teste microbiologice. Astfel, s-au folosit plăci cu mediu de cultură specific, aflat în formă deshidratată, pentru evaluarea incidenței și proliferării microorganismelor precum: număr total de unități formatoare de colonii, bacterii coliforme, enterobacterii, enterococi, dar și specii precum *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* sau drojii și mucegaiuri. Toate filmele obținute și testate au fost sigure pentru consum, fiind lipsite de contaminanți de natură microbiană.

Întrucât biopolimerii utilizați sunt unii de origine marină, atât substanțele, cât și filmul, au fost testate cu Spectrofotometrul cu plasmă cuplată inductiv (ICP-MS, Agilent), iar rezultatele sunt prezentate în Tabelul 1. Rezultatele indicate (sub limita de detecție în cazul metalelor grele)- Hg, Cd, Al, Ca, Co, Ga, Ge, As, Te, Au, Pb, U- indică posibilitatea utilizării acestor materiale fără restricție.

Tabel 1. Rezultate obținute în urma testării folosind ICP-MS

	AGAR	AMIDON	ALGINAT	FILM
Li	12,787	1,420	1134,360	32,860
Na	1858,080	479,470	67081,000	1040,790
Mg	1724,800	37,020	204,440	147,870
Al	527,320	-112,480	707,100	438,140
Ca	4520,320	-67,350	1056,600	538,050
Sc	6453,360	48,590	2199,630	1134,620
Ti	1439,400	9,980	370,270	232,220
V	20,950	3,250	8,580	3,250
Cr	200,750	7,980	74,120	49,140
Mn	323,670	13,290	126,130	92,780
Fe	13,980	0,160	5,860	3,190
Fe	1,430	0,001	0,770	0,580
Co	0,730	-0,240	66,040	0,500
Ni	36,530	3,570	78,190	5,330
Cu	158,200	3,410	2,780	4,560
Zn	38,870	0,280	0,670	5,380
Ga	1,310	-0,160	-0,050	0,120
Ge	-0,360	-0,500	-0,650	-0,540
As	-4,140	-3,720	8,220	-3,970
Se	0,680	0,010	1,260	0,580
Sr	425,560	564,140	480,500	2279,200
Mo	8,740	125,970	243,080	545,670
Pd	-3,550	-3,560	-3,600	-3,460
Ag	-2,130	-2,200	-2,200	-2,140
Cd	0,230	-0,006	-0,007	0,001
In	2,100	0,390	1,060	1,430
Sn	24,200	0,060	8,150	13,400
Sb	317,450	34,570	132,480	160,230
Te	0,650	-36,520	-32,440	-46,920
Cs	16,670	2,640	28,470	133,980
Ba	26,790	5,840	44,670	207,030
Pt	-60,660	-67,570	-72,100	-20,200
Au	-18,580	-63,340	-50,150	28,970
Hg	2,860	0,030	0,031	0,080
Tl	8,940	0,100	0,100	0,250
Pb	-81,240	-77,930	-74,780	-82,070
U	-3,840	-57,690	-46,150	-19,230

Astfel, conform datelor obținute, biopolimerii și filmul obținut sunt lipsite de toxicitate și, în urma consumului, nu pun în pericol sănătatea umană. De altfel, acestea se pot consuma în doze *quantum statis* și sunt recunoscute ca fiind sigure din punct de vedere GRAS (*Generally Recognized as Safe* de către FDA – Food and Drug Administration).

Determinarea toxicității materialelor este cu atât mai importantă, cu cât acestea sunt din ce în ce mai utilizate și în alte domenii, nu doar industria alimentară. Astfel de materiale și-au regăsit cu succes aplicabilitatea în domeniul biomedical, pentru dezvoltare de pansamente folosite pentru tratarea rănilor, în regenerarea țesuturilor sau pentru obținere de proteze (1,2). Acest lucru se datorează, în special, proprietăților biopolimerilor: performanțe fizico-chimice și mecanice, cost redus, regenerabilitate, compostabilitate, biocompatibilitate, caracter non-toxic, non – alergic, non-imunogenic și ușurința în dezvoltare și manipulare (3-5).

Întrucât studiul de față a urmărit obținerea de materiale pentru suplimente alimentare și pentru că, încă din etapa anterioară, s-a identificat și testat compoziția optimă de biopolimeri și plastifiant, optimizată cu ajutorul programelor statistice, etapa a treia a vizat dezvoltarea de filme cu adaosuri de uleiuri esențiale, în vederea obținerii unor materiale de ambalare cu caracteristici superioare. Uleiurile esențiale au fost folosite încă din Antichitate datorită beneficiilor asupra sănătății. În industria materialelor de ambalare a produselor alimentare au fost folosite datorită caracterului antimicrobian și antioxidant, favorizând astfel creșterea termenului de valabilitate a produselor și împiedicând proliferarea microorganismelor (6-9). Beneficiile asupra sănătății, precum stimularea circulației sanguine, reducerea durerilor, ameliorarea unor afecțiuni deja existente, implicația în diabet, obezitate sau alte patologii, au favorizat înglobarea unor astfel de uleiuri esențiale în matrici biopolimerice.

În acest scop, în etapa a doua s-au testat o serie de uleiuri și s-au dezvoltat o serie de filme cu astfel de adaosuri. În urma testării, s-a renunțat la o parte din acestea și s-au folosit concentrații de 10, respectiv 20% (m/v) de ulei esențial de lămâie, portocale, grapefruit, scorțișoară, cuișoare, ghimbir, mentă, eucalipt și mușețel, tocmai datorită utilizării acestora în domeniul suplimentelor alimentare. Filmele au fost obținute prin metoda turnării, conform reprezentării din Figura 1:

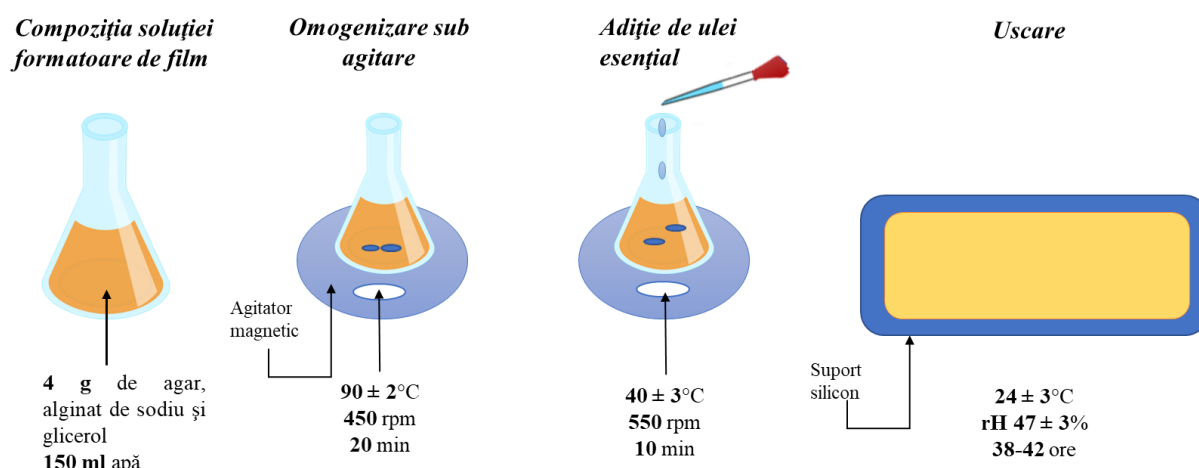


Fig. 1. Reprezentare grafică a metodei de obținere a filmelor biopolimerice

S-au obținut 18 filme cu adaos de ulei esențial și un control (19) (Tabel 2).

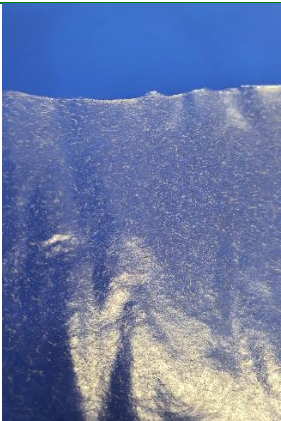







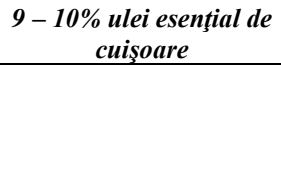
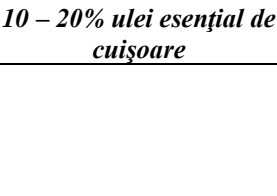
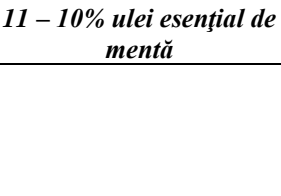
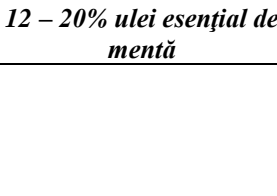
Tabel 2. Compoziții ale filmelor dezvoltate

Film	M _{Agar} , g	M _{Alginat} , g	M _{Glicerol} , g	10% adaos ulei esențial	20% adaos ulei esențial
1	2	1	1	lămâie	x
2	2	1	1	x	lămâie
3	2	1	1	grapefruit	x
4	2	1	1	x	grapefruit
5	2	1	1	portocale	x
6	2	1	1	x	portocale
7	2	1	1	scorțișoară	x
8	2	1	1	x	scorțișoară
9	2	1	1	cuișoare	x
10	2	1	1	x	cuișoare

11	2	1	1	mentă	x
12	2	1	1	x	mentă
13	2	1	1	mușețel	x
14	2	1	1	x	mușețel
15	2	1	1	ghimbir	x
16	2	1	1	x	ghimbir
17	2	1	1	eucalipt	x
18	2	1	1	x	eucalipt
19 - CONTROL	2	1	1	x	x

Imagini ale filmelor obținute se pot observa în Tabelul 3. De menționat că pe parcursul depozitării, acestea și-au păstrat mirosul și gustul caracteristice, flexibilitatea, capacitatea de îndoire multiplă, omogenitatea și marginile regulate. Observate cu ochiul liber, nu prezintă modificări semnificative față de momentul inițial.

Tabel 3. Imagini ale filmelor obținute cu adaos de uleiuri esențiale

<i>1 – 10% ulei esențial de lămâie</i>	<i>2 – 20% ulei esențial de lămâie</i>	<i>3 – 10% ulei esențial de grapefruit</i>	<i>4 – 20% ulei esențial de grapefruit</i>
			
<i>5 – 10% ulei esențial de portocale</i>	<i>6 – 20% ulei esențial de portocale</i>	<i>7 – 10% ulei esențial de scorțișoară</i>	<i>8 – 20% ulei esențial de scorțișoară</i>
			
<i>9 – 10% ulei esențial de cuișoare</i>	<i>10 – 20% ulei esențial de cuișoare</i>	<i>11 – 10% ulei esențial de mentă</i>	<i>12 – 20% ulei esențial de mentă</i>
			



13 – 10% ulei esențial de mușețel



14 – 20% ulei esențial de mușețel



15- 10% ulei esențial de ghimbir



16 – 20% ulei esențial de ghimbir



17 – 10% ulei esențial de eucalipt



18 – 20% ulei esențial de eucalipt



19 – control, fără ulei esențial adăugat



Întrucât filmele dezvoltate sunt indicate pentru utilizare ca materiale de ambalare a suplimentelor alimentare și consumate odată cu produsul conținut, s-a testat și capacitatea de hidratare a acestora

(Figura 2). Astfel, mostre de 3 cm x 3 cm au fost cântărite inițial și după imersia în apă la temperatura ambientală. Probele imersate au fost menținute timp de 0.5-20 de minute.

	0.5	1	3	5	7	10	15	20
B1	673.9%	907%	962.7%	1089.1%	1142.9%	1165.8%	1246.2%	1303.1%
B2	744.4%	834.1%	1096.5%	1140.1%	1018.4%	1220.1%	1178.7%	1355%
B3	499.5%	696%	792.8%	980.2%	1056%	1303.3%	1342.3%	1403.2%
B4	415.8%	556.5%	923.3%	965.8%	1124.7%	1147.5%	1158.7%	1274.8%
B5	506.7%	706.3%	832.1%	1054.6%	1167.3%	926.8%	1242%	1255.3%
B6	479.1%	837.9%	656.9%	1253.7%	1108.5%	924.9%	1282.5%	1287.5%
B7	695.5%	850.4%	991.9%	1008.5%	1033%	1143.1%	1050.6%	1256.7%
B8	312.1%	474.8%	799.2%	865.5%	989.7%	1014.3%	1064.8%	1190.8%
B9	738.6%	1020.9%	1085%	1129.3%	1188.3%	1273.8%	1358%	1384.1%
B10	572.4%	630.9%	1052.2%	1062%	1161.3%	1245.6%	1380.8%	1807.5%
B11	741.3%	784.4%	921.5%	1014.7%	1247.6%	1367%	1446.4%	1597%
B12	561.7%	641.7%	798.5%	814.1%	904.4%	932.7%	951.7%	1103.4%
B13	741%	814.7%	871.6%	912.8%	961.8%	980.1%	1076.5%	1134.6%
B14	614%	702.4%	741.7%	841.7%	847.1%	907.6%	916.5%	994.6%
B15	914.8%	980.7%	991.7%	1047.5%	1097.4%	1125%	1347.1%	1412.7%
B16	712.5%	746.3%	798.1%	814.8%	890.2%	900.5%	912.5%	970.2%
B17	987.7%	1020.5%	1147.7%	1274%	1348.1%	1792.7%	1800.1%	1814.7%
B18	715.4%	774.2%	804.2%	926.4%	1045.7%	1081.8%	1204.8%	1367.2%
B19	597.8%	822.6%	938.5%	1152.9%	1146.2%	1235.8%	1276.2%	1308.3%

Fig. 2. Raportul de rehidratare a probelor testate după imersia în lichid și menținere timp de 0.5 – 20 min

În vederea identificării stabilității, probele au fost testate în momentul inițial (t_0), imediat după obținere, dar și după un an de depozitare în condiții controlate de temperatură și umiditate (t_1). Grosimea a fost măsurată folosindu-se micrometrul Yato, cu precizie de 0.001 mm, rezultatul final reprezentând media aritmetică a cel puțin cinci citiri realizate în zone diferite ale suprafeței materialelor.

Conform rezultatelor prezentate în Figurile 3 și 4, se pot observa reduceri în masa și grosimea filmelor datorate, în principal, evaporării apei din matricea filmului și deshidratarea acestuia.

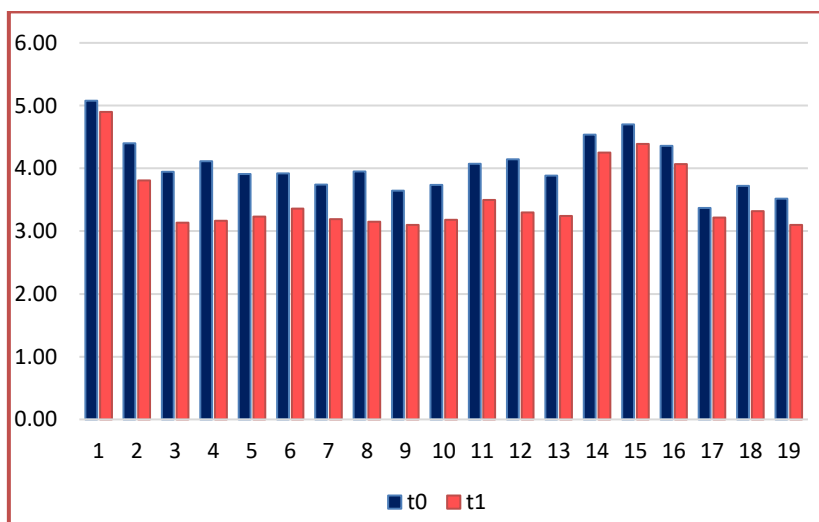


Fig. 3 Variații ale masei filmelor testate înainte (t0) și după depozitare prelungită (t1)

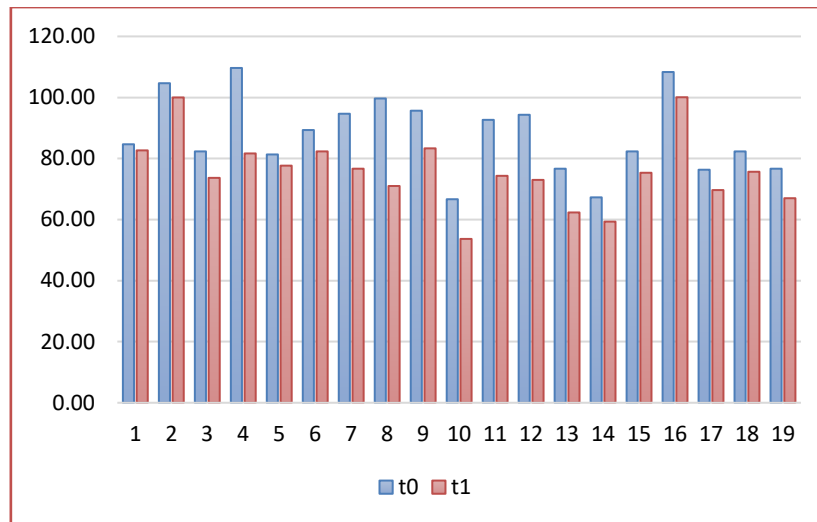


Fig. 4. Variații ale grosimii (μm) filmelor

Ipoteza eliminării apei din produs este întărită și de rezultatele obținute în urma testării indicelui de activitate a apei. Acesta a fost evaluat cu echipamentul AquaLab 4TE (Meter Group, München, Germany), realizându-se cel puțin cinci citiri pentru stabilirea rezultatului final. Temperatura de lucru a fost de $25 \pm 0.7^\circ\text{C}$.

Astfel, dacă imediat după obținere acesta prezentat valori de 0,5-0,7, după un an, valorile au fost reduse cu aproximativ 50%, ajungând la 0,3 – 0,5 (Tabel 4). Cele mai mari reduceri se pot observa în cazul probei control (19), lucru absolut normal, dacă ținem cont de caracterul hidrofob al uleiurilor esențiale. Astfel, se poate deduce faptul că adaosul acestora a avut ca efect dezvoltarea unei matrici mai compacte, împiedicând modificarea compoziției în timpul perioadei de depozitare. Cele mai mari variații ale a_w se pot observa la probele cu adaos de ulei esențial de lămâie, grapefruit, portocale, scorțișoară, cuișoare și mentă (1-10), spre deosebire de filmele cu ulei esențial de mușețel, ghimbir și eucalipt, care au fost mai stabile (11-18).

Transmitanța și opacitatea au fost stabilite după evaluarea spectrofotometrică, cu echipamentul Epoch (BioTek Instruments, Winooski, VT). Pentru determinare, epruvete de film de dimensiune de 1 cm x 3 cm au fost dimensionate și testate în raport cu aerul. Transmitanța (%) a fost citită după testarea la lungimea de undă de 660 nm, în timp ce opacitatea a fost calculată după citirea absorbției la 600 nm.

Scăderea valorilor transmitanței și creșterea opacității a fost evidențiată în cazul aceluiași uleiuri, însă creșterea volumului de ulei esențial adăugat în compoziție a avut ca efect reducerea transmitanței în timpul perioadei de testare.

Tabel 4. Rezultate ale parametrilor optici și indicelui de activitate a apei, înainte și după perioada de depozitare

Probă	Transmitanță, %		Opacitate, $A \cdot \text{mm}^{-1}$		Indice de activitate a apei, a_w	
	t0	t1	t0	t1	t0	t1
1	53.18 ^j ± 1.16	49.46 ^l ± 0.04	3.31 ^h ± 0.15	4.01 ^e ± 0.28	0.786 ^a ± 0.05	0.334 ^c ± 0.15

2	41.29 ^l ± 0.13	39.36 ^q ± 0.15	3.82 ^e ± 0.01	3.61 ^j ± 0.25	0.743 ^b ± 0.05	0.286 ^d ± 0.59
3	74.80 ^e ± 0.20	51.03 ⁱ ± 0.08	3.83 ^a ± 0.01	7.77 ^{g,h} ± 0.42	0.714 ^d ± 0.01	0.304 ^{c,d} ± 0.15
4	52.43 ^{j,k} ± 0.57	38.23 ^r ± 0.05	4.85 ^c ± 0.09	3.86 ^{f,g} ± 0.18	0.737 ^c ± 0.05	0.298 ^{c,d} ± 0.15
5	63.52 ⁱ ± 0.45	53.07 ^f ± 0.058	2.07 ^j ± 0.12	3.62 ^{i,j} ± 0.02	0.738 ^c ± 0.07	0.302 ^{c,d} ± 0.10
6	51.58 ^k ± 0.40	54.45 ^h ± 0.51	3.66 ^{f,g} ± 0.17	3.97 ^{e,f} ± 0.14	0.700 ^e ± 0.03	0.295 ^{c,d} ± 0.03
7	75.51 ^{d,e} ± 0.08	50.55 ^{j,k} ± 0.03	1.47 ^l ± 0.02	4.21 ^d ± 0.06	0.702 ^e ± 0.05	0.332 ^c ± 0.10
8	68.10 ^h ± 0.10	50.73 ^j ± 0.02	1.84 ^k ± 0.01	4.32 ^d ± 0.02	0.685 ^g ± 0.07	0.304 ^{c,d} ± 0.26
9	72.23 ^{f,g} ± 0.15	50.42 ^k ± 0.02	1.73 ^k ± 0.04	3.73 ^{h,i} ± 0.02	0.574 ^k ± 0.02	0.292 ^{c,d} ± 0.15
10	76.36 ^{c,d} ± 0.18	52.66 ^g ± 0.15	1.85 ^k ± 0.01	5.71 ^b ± 0.10	0.571 ^k ± 0.06	0.272 ^d ± 0.05
11	71.70 ^g ± 0.10	58.85 ^d ± 0.02	7.03 ^b ± 0.01	2.03 ^{l,m} ± 0.02	0.587 ^j ± 0.75	0.517 ^b ± 0.02
12	73.24 ^f ± 0.19	44.77 ⁿ ± 0.69	3.57 ^g ± 0.03	1.97 ^{m,n} ± 0.08	0.751 ^b ± 0.01	0.524 ^{a,b} ± 0.02
13	88.36 ^a ± 0.32	77.11 ^a ± 0.10	3.74 ^{e,f} ± 0.03	6.47 ^a ± 0.02	0.706 ^e ± 0.75	0.564 ^a ± 0.04
14	74.66 ^e ± 0.11	58.39 ^e ± 0.01	1.83 ^k ± 0.03	5.27 ^c ± 0.03	0.684 ^g ± 0.69	0.562 ^a ± 0.02
15	74.53 ^e ± 0.31	41.36 ^o ± 0.15	1.55 ^l ± 0.07	1.83 ^o ± 0.03	0.656 ^h ± 0.01	0.561 ^a ± 0.02
16	78.40 ^b ± 0.36	46.36 ^m ± 0.15	0.95 ^m ± 0.01	1.14 ^p ± 0.02	0.692 ^f ± 0.05	0.546 ^{a,b} ± 0.05
17	76.70 ^c ± 0.20	73.48 ^b ± 0.16	1.53 ^l ± 0.31	2.12 ^l ± 0.05	0.655 ^h ± 0.75	0.534 ^{a,b} ± 0.03
18	64.57 ⁱ ± 0.06	40.81 ^p ± 0.17	2.54 ⁱ ± 0.03	1.92 ^{n,o} ± 0.10	0.645 ⁱ ± 0.05	0.527 ^{a,b} ± 0.03
19 – CONTROL	71.40 ^g ± 0.10	68.82 ^c ± 0.07	4.41 ^d ± 0.11	2.51 ^k ± 0.10	0.646 ⁱ ± 0.01	0.281 ^d ± 0.01

Pentru toate probele testate, luminozitatea a scăzut odată cu trecerea timpului. În mod asemănător, au crescut valorile parametrului *b* și, cu excepția probelor **4, 11, 12, 13, 14, 15** și **18**, valorile parametrului *a* au fost mai reduse. Proba control (**19**) a prezentat cele mai mari variații.

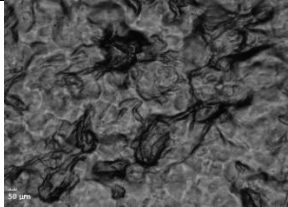
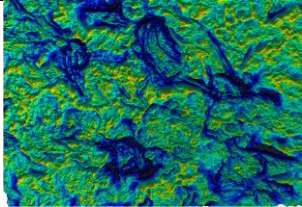
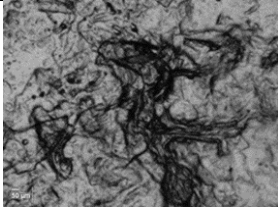
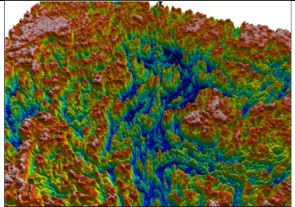
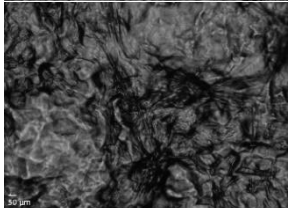
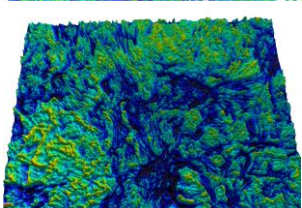
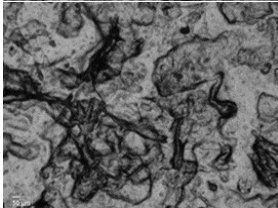
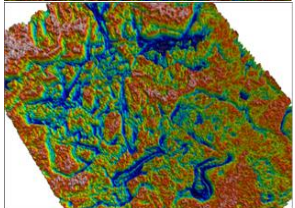
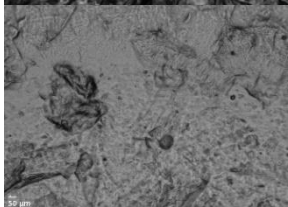
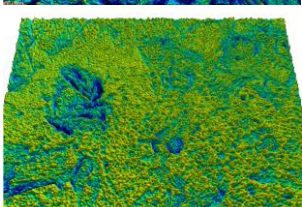
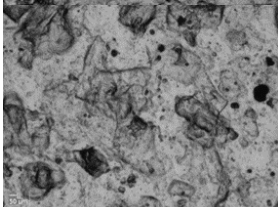
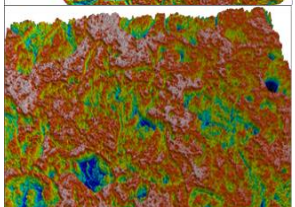
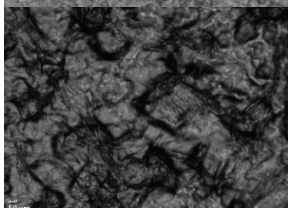
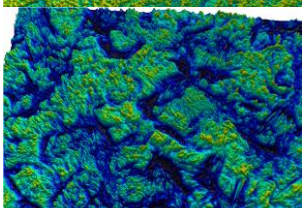
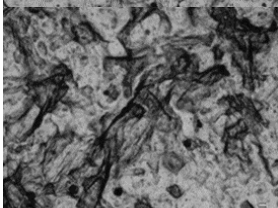
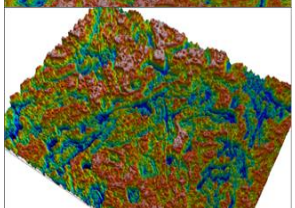
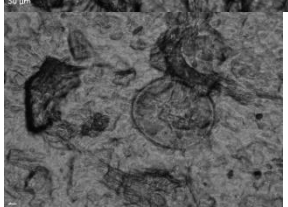
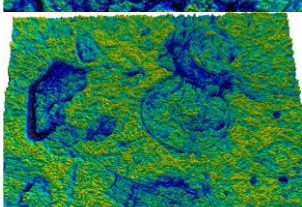
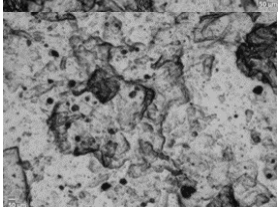
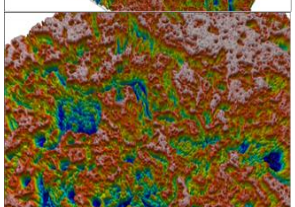
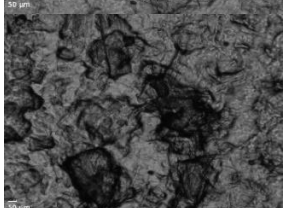
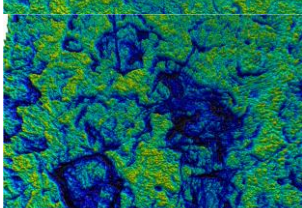
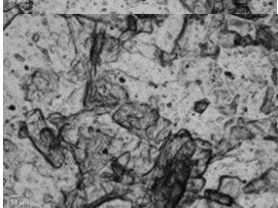
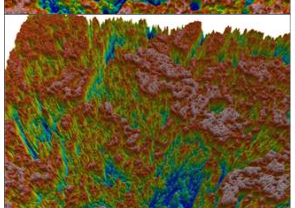
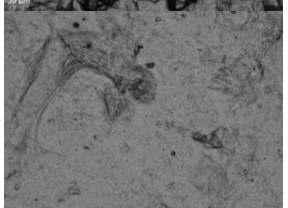
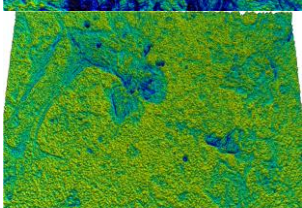
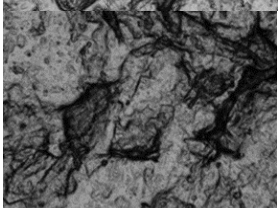
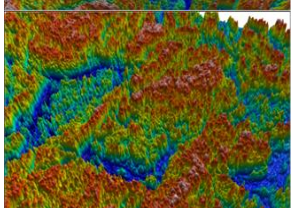
Tabel 5. Variații ale parametrilor de culoare pe parcursul perioadei de depozitare

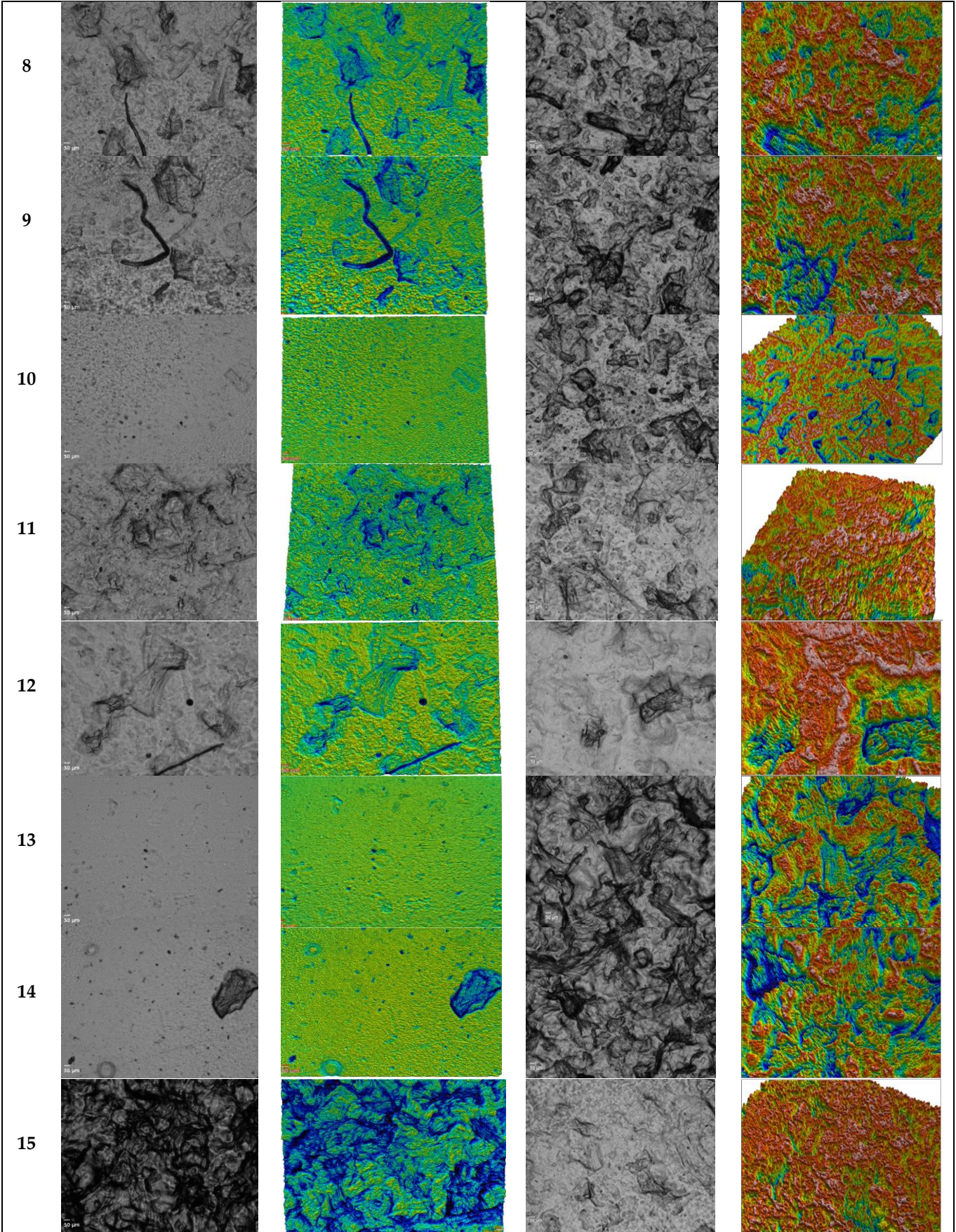
Probă	Culoare (t0)			Culoare (t1)		
	L*	a	b	L*	a	b
1	92.70 ^{a,b} ± 0.13	-5.51 ^a ± 0.04	11.40 ^h ± 0.17	88.79 ^{b,c} ± 0.18	-0.49 ^a ± 0.02	10.76 ^e ± 0.31
2	92.37 ^{b,c} ± 0.50	-5.82 ^{f,g} ± 0.08	13.43 ^{a,b,c} ± 0.67	88.99 ^{b,c} ± 0.16	-0.42 ^a ± 0.24	10.61 ^e ± 0.29
3	92.12 ^{b,c} ± 0.16	-5.90 ^{g,h} ± 0.02	12.93 ^{c,d} ± 0.33	88.30 ^{b,c,d} ± 0.39	-0.54 ^a ± 0.02	11.33 ^{d,e} ± 0.48
4	92.42 ^{b,c} ± 0.28	-5.97 ^h ± 0.08	14.08 ^a ± 0.49	88.87 ^{b,c} ± 0.96	-0.61 ^a ± 0.05	10.72 ^e ± 0.53
5	92.45 ^{a,b,c} ± 0.28	-5.78 ^{e,f} ± 0.04	12.49 ^{d,e,f} ± 0.19	88.88 ^{b,c} ± 0.73	-0.51 ^a ± 0.86	9.35 ^e ± 0.65
6	92.92 ^a ± 0.31	-5.73 ^{d,e,f} ± 0.02	12.82 ^{c,d,e} ± 0.08	89.17 ^b ± 0.63	-0.48 ^a ± 0.15	9.85 ^e ± 0.73
7	92.46 ^{a,b,c} ± 0.31	-5.68 ^{c,d,e} ± 0.04	11.36 ^h ± 0.30	89.17 ^b ± 0.30	-0.48 ^a ± 0.16	10.03 ^e ± 0.28
8	92.57 ^{a,b,c} ± 0.16	-5.66 ^{b,c,d} ± 0.01	11.84 ^{f,g,h} ± 0.30	88.58 ^{b,c} ± 0.92	-0.49 ^a ± 0.02	11.21 ^{d,e} ± 0.83
9	92.41 ^{a,b,c} ± 0.40	-5.60 ^{a,b,c} ± 0.01	12.50 ^{d,e,f} ± 0.27	88.50 ^{b,c,d} ± 0.93	-0.47 ^a ± 0.03	11.16 ^{d,e} ± 1.02
10	92.46 ^{a,b,c} ± 0.21	-5.64 ^{b,c,d} ± 0.03	11.34 ^h ± 0.31	88.31 ^{b,c,d} ± 0.68	-0.52 ^a ± 0.01	10.73 ^e ± 0.65
11	90.61 ^d ± 0.64	-5.52 ^a ± 0.03	13.29 ^{b,c} ± 0.04	92.25 ^a ± 0.79	-5.78 ^c ± 0.07	13.70 ^{b,c} ± 0.53
12	91.90 ^{b,c} ± 0.48	-5.60 ^{a,b,c} ± 0.03	12.49 ^{d,e,f} ± 0.13	92.18 ^a ± 0.15	-5.79 ^c ± 0.02	12.84 ^{c,d} ± 0.52
13	92.65 ^{a,b} ± 0.24	-5.59 ^{a,b,c} ± 0.02	12.51 ^{d,e,f} ± 0.05	91.00 ^a ± 0.64	-5.76 ^c ± 0.01	15.26 ^b ± 0.94
14	92.34 ^{a,b,c} ± 0.11	-5.67 ^{b,c,d} ± 0.03	12.18 ^{e,f,g} ± 0.09	92.07 ^a ± 0.28	-5.85 ^c ± 0.03	13.61 ^{b,c} ± 0.37
15	92.54 ^{a,b,c} ± 0.14	-5.68 ^{c,d,e} ± 0.06	12.50 ^{d,e,f} ± 0.38	92.19 ^a ± 0.28	-5.83 ^c ± 0.03	13.11 ^{c,d} ± 0.42
16	91.97 ^c ± 0.40	-5.81 ^{f,g} ± 0.01	13.82 ^{a,b} ± 0.02	91.83 ^a ± 0.15	-5.76 ^c ± 0.08	14.31 ^{b,c} ± 1.17
17	92.41 ^{a,b,c} ± 0.18	-5.68 ^{c,d,e} ± 0.03	11.53 ^{g,h} ± 0.15	92.09 ^a ± 0.44	-5.91 ^c ± 0.10	12.84 ^{c,d} ± 0.67
18	92.42 ^{a,b,c} ± 0.33	-5.58 ^{a,b} ± 0.04	11.75 ^{g,h} ± 0.18	86.97 ^d ± 1.09	-5.18 ^b ± 0.22	21.97 ^a ± 1.09
19 – CONTROL	92.51 ^{a,b,c} ± 0.11	-5.64 ^{b,c,d} ± 0.02	11.32 ^h ± 0.09	87.63 ^{c,d} ± 0.41	-0.62 ^a ± 0.02	10.32 ^e ± 0.56

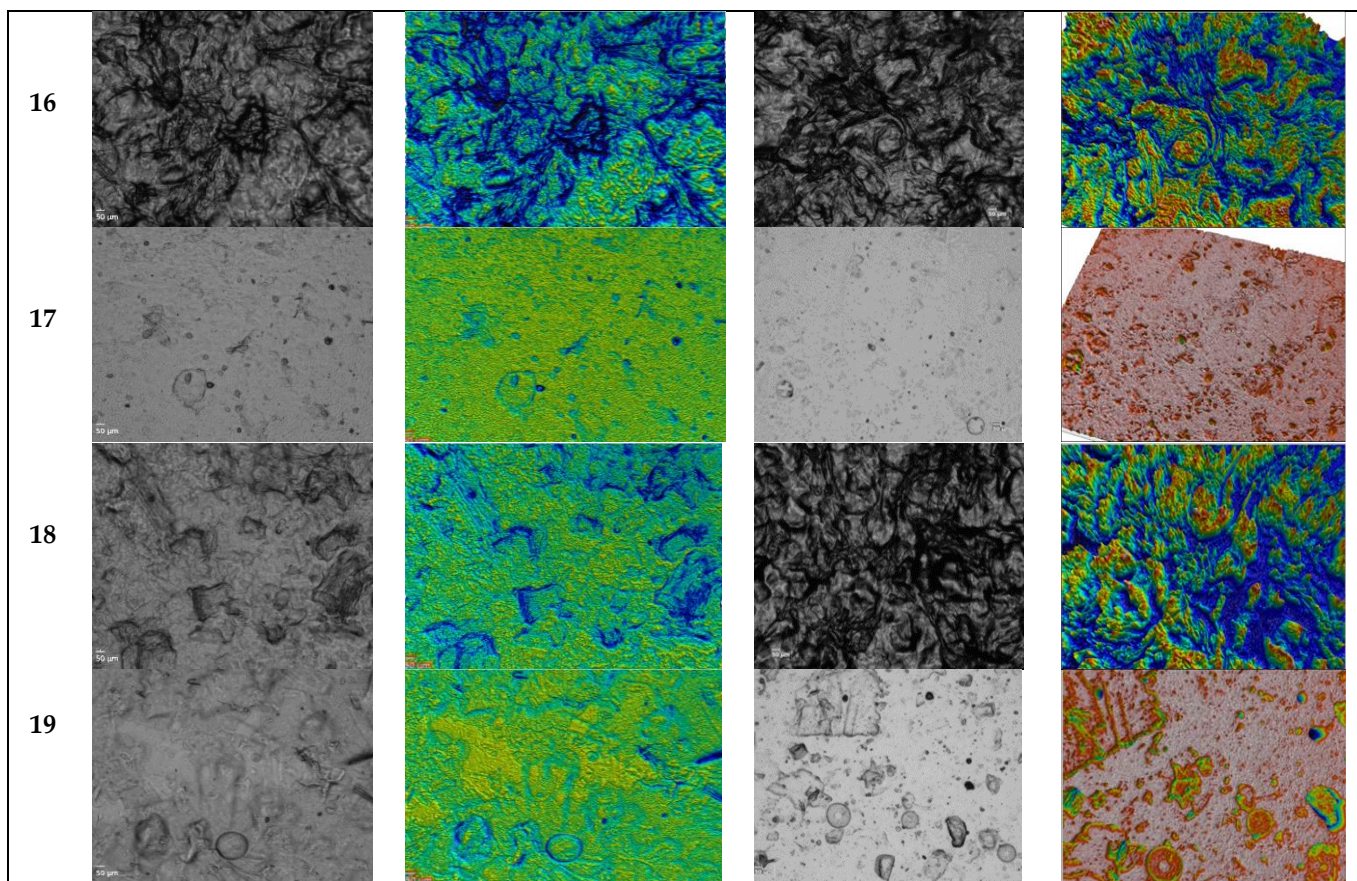
În timpul perioadei de depozitare au apărut variații și în microstructura filmelor obținute (Tabel 6). Microstructura a fost evaluată folosindu-se echipamentul Celena, iar microtopografiile au fost obținute prin prelucrarea imaginilor cu ajutorul soft-ului Mountains Map Imaging Topography 9 (Digital Surf, Lavoisier, Franța).

Conform imaginilor, se poate observa că microstructura a devenit mai puțin compactă decât cea inițială. Cele mai reduse modificări se pot observa la proba cu adaos de ulei esențial de eucalipt și la proba control.

Tabel 6. Microstructuri și microtopografii ale probelor evaluate în momentul dezvoltării (t_0) și după perioada de păstrare (t_1)

Pro bă	t_0 – timp inițial		t_1 – după un an de depozitare	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				





Proprietățile mecanice au evaluate cu ajutorul textuometrului universal ESM Mark-10, încărcat cu o celulă de 5 kN. Pentru determinare s-au folosit accesorii speciale pentru testarea filmelor și foliilor subțiri. Epruvetele de testare au fost dimensionate (1 cm x 10 cm) conform STAS STAS ASTM D882 (*Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting*), iar viteza de deplasare a fost setată la 10 mm/min. Temperatura de lucru a fost $27.2 \pm 0.2^\circ\text{C}$. Rezultatele obținute sunt notate în Figurile 4 și 5.

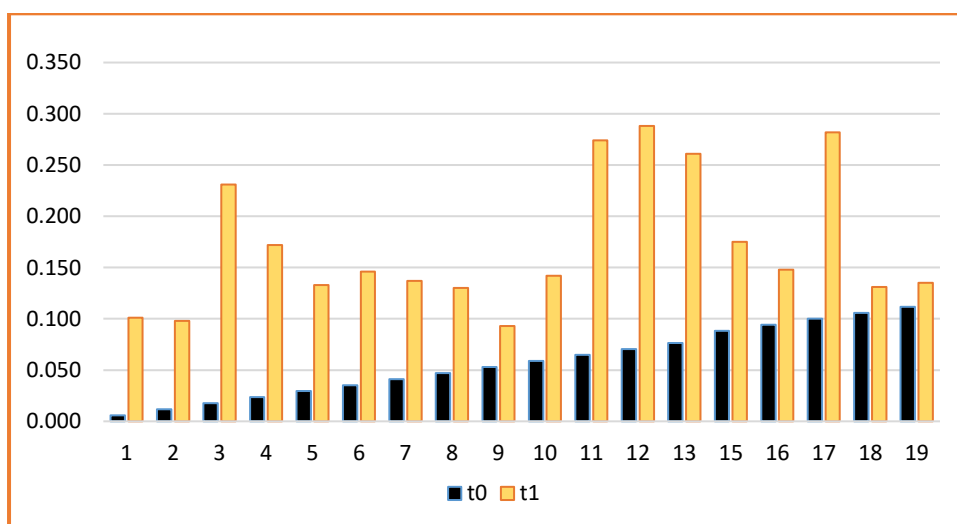


Fig. 5. Variația rezistenței la rupere (Mpa)

Proprietățile mecanice ale filmelor nu au fost influențate negativ în perioada de depozitare a filmelor. Toate probele supuse testării au arătat o rezistență la rupere mai mare după un an (Fig. 5). Proba 14 nu a putut fi testată în vederea evaluării proprietăților mecanice deoarece nu a putut fi dimensionată conform STAS-ului utilizat (Tabel 3).

Așa cum era de așteptat, alungirea la rupere a peliculelor a fost influențată negativ în timpul perioadei de depozitare. Îndepărtarea apei din pelicule a dezechilibrat matricea, astfel încât, deși mai puternice din punct de vedere a rezistenței la rupere, acestea au prezentat o elasticitate mult mai redusă (Fig. 6).

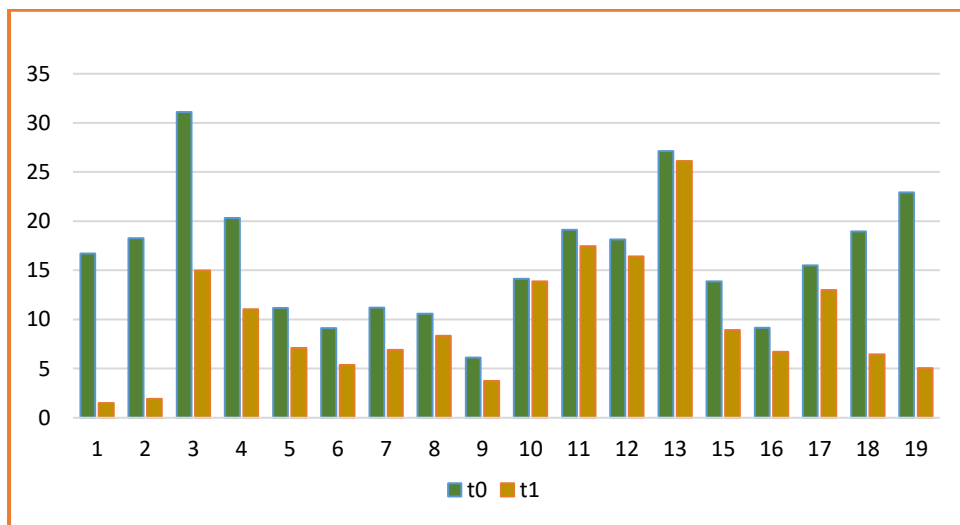


Fig. 6 Variația elongației în timpul perioadei de depozitare

Întrucât în etapa a două s-au ambalat suplimente alimentare de tipul polen, ghimbir, turmeric, polen, în filme nou dezvoltate, materiale cu adaos de ulei esențial au fost folosite pentru ambalare pudrelor proteice.



Fig.7. Pudră proteică ambalată în filmele nou dezvoltate

După 3 luni de păstrare în condiții ferite de umezeală și lumină, masa probelor ambalate a fost mai redusă cu 8,5%. Rezultatele indică faptul că a existat un transfer între mediul extern și conținutul ambalat, datorită materialelor utilizate. Deshidratarea produsului a intervenit odată cu pierderea apei din produs și din folie.

Produsele păstrate în ambalajul obținut din tărațe de grâu și amidon a favorizat păstrarea calităților senzoriale și a împiedicat pierderea masei, care a fost mai redusă cu 3,24% față de momentul inițial.

Ambalajul extern, pe bază de tărațe din grâu de granulozitate diferită a fost obținut prin mixarea cu amidon din porumb. Deși inițial s-au făcut încercări cu amidon din proumb, grâu și cartofi, cea mai bună sudare a fost obținută după utilizarea celui pe baza de porumb și apă, în raport 1:3. Testat din punct de vedere al caracterului microbiologic, acesta este sigur pentru consum, fiind lipsit de bacterii, drojdii și mucegaiuri.

Cel mai semnificativ rezultat obținut este reprezentat de materialul biopolimeric, cu sau fără adaos de uleiuri esențiale, a cărui compoziție face subiectul unui brevet trimis către Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci în decembrie 2021. Materialul poate fi transpus cu ușurința la scara industrială. Date suplimentare despre modalitatea de obținere, testare și prelucrare se regăsesc în cartea „Îndrumar de utilizare a filmelor și foliilor subțiri”, tipărită în cadrul proiectului. Manualul este unul de folos atât cercetătorilor în domeniu cât, mai ales, producătorilor din diverse domenii.

✓ **Diseminarea rezultatelor etapei a III-a**

Activitatea de cercetare realizată în perioada ianuarie 2022 – august 2022 a fost diseminată prin participarea la conferințe internaționale, desfășurate în țară și străinătate, precum și prin publicarea lucrărilor în reviste de specialitate recunoscute în domeniu, astfel:

- Lucrarea „**Food industry and the concept of green economy: strategies for development of edible food packaging materials**”, autori Roxana Gheorghita și Liliana Anchin-Norocel, a fost prezentată oral în cadrul conferinței „**7th International Zeugma Conference on Scientific Research**” susținută în regim hibrid, în perioada 21.01.2022 – 23.01.2022, în Gaziantep, Turcia.
- Lucrarea „**Innovative edible biomaterials with natural essential oils for powdered supplements: new strategies to improve food quality and reduce waste from disposable packaging**”, autori Roxana Gheorghita și Gheorghe Gutt, a fost prezentată în cadrul conferinței „**Polymers 2022 - New Trends in Polymer Science: Health of the Planet, Health of the People**”, desfășurată în perioada 25.05.2022 – 27.05.2022, la Torino, Italia.
- Lucrarea „**Biopolymeric materials with essential oils: new perspectives in the development of packaging for food supplements**”, autori Roxana Gheorghita și Gheorghe Gutt, a fost prezentată în cadrul conferinței „**The International Conference of the University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest. Agriculture for Life, Life for Agriculture**”, derulată în perioada 02.06.2022 – 04.06.2022, în București, România.
- Articolul „**The unseen trap in the development of biopolymeric materials with natural additions: the importance of using high quality essential oils**”, autori Roxana Gheorghita și Gheorghe Gutt, a fost prezentat oral în cadrul „**Conferinței Internaționale SGEM 2022 - XXIInd International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management**”, desfășurată în Albena, Bulgaria, în perioada 02.07.2022-11.07.2022, și acceptat pentru publicare *in extenso* în volumul „**Conference Proceedings 2022**”, aflat în curs de apariție.
- Articolul „**The Future Packaging of the Food Industry: The Development and Characterization of Innovative Biobased Materials with Essential Oils Added**”, autori Roxana Gheorghita, Andrei Lobiuc, Gheorghe Gutt, a fost publicat în revista **Gels** aflată în zona Q1, IF 4,43, ISSN 2310-2861, 8 (8), <https://doi.org/10.3390/gels8080>.
- Articolul „**Development and Characterization of Sodium Alginate-Agar based Active Edible Films Incorporated with Essential Oils of Medicinal Plants: One Year Experience**”, autori Roxana Gheorghita, Andrei Lobiuc, Gheorghe Gutt, a fost trimis către recenzare în jurnalul **Antioxidants**, zona Q1, IF 7.675, ISSN 2076-3921 și se află în proces de evaluare (indicativ manuscris *antioxidants-1920503*).
- Pagină web actualizată - <http://innomat.usv.ro/>.

✓ **Referințe bibliografice**

1. Lim, L.I.; Tan, H.L.; Pui, L.P. Development and characterization of alginate-based edible film incorporated with hawthorn berry (*Crataegus pinnatifida*) extract. *J. Food Meas. Charact.* 2021, 15(3), 2540–2548.
2. Azmin, S.N.H.M.; Hayat, N.A.; Mat Nor, M.S. Development and characterization of food packaging bioplastic film from cocoa pod husk cellulose incorporated with sugarcane bagasse fibre. *J.Bioresour.Bioprod* 2020, 5, 248-255.
3. Maan, A.A.; Reiad Ahmed, Z.F.; Iqbal Khan, M.K.; Riaz, A.; Nazir, A. Aloe vera gel, an excellent base material for edible films and coatings. *Trends Food Sci. Technol.* 2021, 116, 329–341.
4. Basavegowda, N.; Baek, K.H.; Roy, S.; Rhim, J.W. Advances in Functional Biopolymer-Based Nanocomposites for Active Food Packaging Applications. *Polym.* 2021, 13(23), 4198.
5. Tan, C.; Han, F.; Zhang, S.; Li, P.; Shang, N. Novel Bio-Based Materials and Applications in Antimicrobial Food Packaging: Recent Advances and Future Trends. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22(18), 9663.
6. N. Singh, N. S. Yarla, N. J. Siddiqi, M. de Lourdes Pereira, and B. Sharma, “Features, Pharmacological Chemistry, Molecular Mechanism and Health Benefits of Lemon,” *Med. Chem.*, vol. 17, no. 3, pp. 187–202, Sep. 2021, doi: 10.2174/1573406416666200909104050.
7. B. Liu et al., “Lemon essential oil ameliorates age-associated cognitive dysfunction via modulating hippocampal synaptic density and inhibiting acetylcholinesterase,” *Aging (Albany. NY)*., vol. 12, no. 9, pp. 8622–8639, May 2020, doi: 10.18632/AGING.103179.
8. M. Hosseini, A. Jamshidi, M. Raeisi, and M. Azizzadeh, “Effect of sodium alginate coating containing clove (*Syzygium Aromaticum*) and lemon verbena (*Aloysia Citriodora*) essential oils and different packaging treatments on shelf life extension of refrigerated chicken breast,” *J. Food Process. Preserv.*, vol. 45, no. 3, p. e14946, Mar. 2021, doi: 10.1111/JFPP.14946.
9. N. Hammoudi, H. Ziani Cherif, F. Borsali, K. Benmansour, and A. Meghezzi, “Preparation of active antimicrobial and antifungal alginate-montmorillonite/lemon essential oil nanocomposite films,” <https://doi.org/10.1080/10667857.2019.1685292>, vol. 35, no. 7, pp. 383–394, Jun. 2019, doi: 10.1080/10667857.2019.1685292.

Director Proiect,
Asist univ. Dr. Ing. Roxana Elena Gheorghiuță



Lista livrabile planificate/realizate

Etapa	Livrabile - planificat	Detalii	Livrabile - realizat	Detalii
I 2020	3	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ingrediente utilizate pentru dezvoltarea noilor materiale. ○ Conferință internațională din străinătate. ○ Pagină web. 	4	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ingrediente utilizate pentru dezvoltarea noilor materiale. ○ Participare online conferință internațională din străinătate - lucrarea „New applications of biopolymers and essential oils: edible packaging material for food supplements”, autori Roxana Gheorghită, Sonia Amariei, Gheorghe Gutt (referință abstract COLL2020_0598) a fost acceptată și a fost prezentată la conferința internațională „10th International Colloids Conference” organizată de Elsevier, desfășurată în perioada 7-9.12.2020, la Barcelona și susținută în regim on-line. ○ Lucrarea „The contribution of biopolymers in reducing environmental problems caused by packaging waste: edible materials for food supplements” a fost acceptată la conferința internațională „Agriculture for Life, Life for Agriculture”, organizată de USAMV București în perioada 3-5 iunie 2021. ○ Pagină web - http://innomat.usv.ro/.
II 2021	7	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compoziții finale material biodegradabil și film, destinate ambalării suplimentelor alimentare. ○ 1 articol în reviste de specialitate notate Q1 și Q2. ○ 1 îndrumar de specialitate pentru dezvoltarea și utilizarea filmelor și foliilor subțiri, cu aplicabilitate în industrie. ○ Participarea la o conferință internațională din străinătate. ○ Internship la Universitatea din Allen, Germania. ○ Brevet înregistrat la OSIM. ○ Pagină web actualizată permanent. 	12	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compoziții finale material biodegradabil și film, destinate ambalării suplimentelor alimentare. ○ Articol publicat în regim open access în jurnalul Polymers 2021, zona Q1, IF – 4,329, „Edible Biopolymers-Based Materials for Food Applications—The Eco Alternative to Conventional Synthetic Packaging”, autori Roxana Gheorghita Puscaselu, Irina Besliu, Gheorghe Gutt, vol. 13(21), 3779; https://doi.org/10.3390/polym13213779. ○ Lucrarea „Use of polymers in the development of edible packaging materials for food supplements”, autori Roxana Gheorghita, Sonia Amariei, Gheorghe Gutt, a fost publicată în Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies, indexat BDI în baze de date internaționale, Vol. XXV, No. 1, 2021, ISSN 2285-1364, http://biotechnologyjournal.usamv.ro/pdf/2021/issue_1/Art17.pdf. ○ Participare conferință internațională „International Conference Agriculture for life. Life for agriculture”, regim online, 03.06.2021-05.06.2021, cu lucrarea „Use of polymers in the development of edible packaging materials for food supplements” ○ Participare conferință internațională „21th Anniversary International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2021”, desfășurată în perioada 14.08.2021-22.08.2021, în Albena, Bulgaria, cu lucrările „Are biopolymers the weapon against pollution due to disposable packaging? New biobased edible materials for packaging food supplements” și „The importance of starch source in the development of edible materials for food packaging”. Premiul “The best speaker” pentru cea de a doua lucrare.

				<ul style="list-style-type: none"> ○ Publicare articol <i>“The importance of starch source in the development of edible materials for food packaging”</i> în <i>“International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM”</i>, 21 (6.1), 147-154, https://www.proquest.com/openview/d3badd723c61027319affc03225b9770/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1536338. ○ Publicare articol <i>“Are biopolymers the weapon against pollution due to disposable packaging? New biobased edible materials for packaging food supplements”</i> în <i>“International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM”</i>, 21 (5.1), 341-347, https://www.proquest.com/openview/35e34044501f055dc924929c2f9abaff/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1536338. ○ Participare conferință internațională <i>“The International Conference “Biotechnologies, Present and Perspectives” Suceava, Romania”</i>, 05.11.2021, lcu ucrarea <i>“New applications of starch in the food industry: the development of edible packaging materials”</i>. ○ Participare conferință internațională <i>“6th ASIA PACIFIC International Modern Sciences Congress”</i>, Delhi, India, 15.12.2021-16.12.2021, cu lucrarea <i>“Use of Biopolymers and Natural Essential Oils for the Development of Edible Packaging for Food Supplements”</i>. ○ Propunere brevet național <i>“Film biopolimeric, comestibil și procedeu de obținere a acestuia”</i>, număr înregistrare A00737/06.12.2021. ○ Carte <i>“Îndrumar de utilizare a filmelor și foliilor subțiri”</i>, publicat la Editura Performantica, ISBN 978-606-685-835-9. ○ Pagină web - http://innomat.usv.ro/.
III 2022	4	<ul style="list-style-type: none"> ○ Două materiale (intern și extern), dezvoltate conform compozițiilor optimizate cu ajutorul programelor statistice. ○ Conferință internațională de specialitate, din țară. ○ Pagină web actualizată. ○ Un articol în jurnal de specialitate notat Q1 sau Q2. 	8	<ul style="list-style-type: none"> ○ Două materiale (intern și extern), dezvoltate conform compozițiilor optimizate cu ajutorul programelor statistice. ○ Pagină web - http://innomat.usv.ro/. ○ Lucrarea <i>„Food industry and the concept of green economy: strategies for development of edible food packaging materials”</i>, autori Roxana Gheorghita și Liliana Anchin-Norocel, a fost prezentată oral în cadrul confeinței <i>„7th International Zeugma Conference on Scientific Research”</i> susținută în regim hibrid, în perioada 21.01.2022 – 23.01.2022, în Gaziantep, Turica. ○ Lucrarea <i>„Innovative edible biomaterials with natural essential oils for powdered supplements: new strategies to improve food quality and reduce waste from disposable packaging”</i>, autori Roxana Gheorghita și Gheorghe Gutt, a fost prezentată în cadrul conferinței <i>„Polymers 2022 - New Trends in Polymer Science:</i>

				<p>Health of the Planet, Health of the People", desfășurată în perioada 25.05.2022 – 27.05.2022, la Torino, Italia.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Lucrarea „Biopolymeric materials with essential oils: new perspectives in the development of packaging for food supplements”, autori Roxana Gheorghita și Gheorghe Gutt, a fost prezentată în cadrul conferinței „The International Conference of the University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest. Agriculture for Life, Life for Agriculture”, derulată în perioada 02.06.2022 – 04.06.2022, în București, România. ○ Articolul „The unseen trap in the development of biopolymeric materials with natural additions: the importance of using high quality essential oils”, autori Roxana Gheorghita și Gheorghe Gutt, a fost prezentat oral în cadrul „Conferinței Internaționale SGEM 2022 - XXIInd International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying, Geology and Mining, Ecology and Management”, desfășurată în Albena, Bulgaria, în perioada 02.07.2022-11.07.2022, și acceptat pentru publicare <i>in extenso</i> în volumul „Conference Proceedings 2022”, aflat în curs de apariție. ○ Articolul „The Future Packaging of the Food Industry: The Development and Characterization of Innovative Biobased Materials with Essential Oils Added”, autori Roxana Gheorghita, Andrei Lobiuc, Gheorghe Gutt, a fost publicat în revista Gels aflată în zona Q1, IF 4,43, ISSN 2310-2861, 8 (8), https://doi.org/10.3390/gels8080. ○ Articolul „Development and Characterization of Sodium Alginate-Agar based Active Edible Films Incorporated with Essential Oils of Medicinal Plants: One Year Experience”, autori Roxana Gheorghita, Andrei Lobiuc, Gheorghe Gutt, a fost trimis către recenzare în jurnalul Antioxidants, zona Q1, IF 7.675, ISSN 2076-3921 și se află în proces de evaluare (indicativ manuscris <i>antioxidants-1920503</i>).
--	--	--	--	---

