Disponibil online la adresa
www.proenvironment.ro

ProEnvironment 4 (2011) 139 - 146

ProEnvironment

Articol original

# Biopolimeri Naturali - Sursa de Materie Prima în Realizarea Ambalajelor Biodegradabile, în Vederea Protejarii Mediului

**PAUL Maria[1*], Oana CADAR[1], Sergiu CADAR[1], Mircea CHINTOANU[1], Nicolae CIOICA[2], Maria FENESAN[3], Ana BALEA[3] , Violeta PASCALAU[3]**

*[1]INCDO-INOE 2000, Institutul de Cercetari pentru Instrumentatie Analitica Napoca,ICIA Cluj-Napoca*
*[2] Institutul National de Cercetare - Dezvoltare pentru Masini si Instalatii destinate Agriculturii si Industriei Alimentare, INMA Bucuresti*
*[3]Universitatea Babes-Bolyai - ICCR Cluj-Napoca*

Primit în data de 11 mai 2011; primit în forma finală după recenzie în 25 mai 2011; acceptat în 29 mai 2011
Disponibil online din 1 iunie 2011

**Abstract**

Materialele polimerice sunt utilizate pe scara larga in societatea moderna, pentru ca sunt usoare, relativ ieftine si usor de procesat. Materialele polimerice obtinute, pornind de la biopolimeri naturali, precum polizaharide (ca amidonul si celuloza), in general produse agricole, pot fi biodegradabile si pot juca un rol considerabil in rezolvarea problemelor de mediu ridicate de folosirea materialelor polimerice. O conditie esentiala pentru biodegradarea polimerilor este compostarea aeroba, realizata intr-un mediu controlat de temperatura, fluxul de aer, umiditate si cu agitare, utilizand o instalatie de masurare a dioxidului de carbon. Rezultatele obtinute in urma biodegradarii aerobe a materialului de amabalaj de tip biopolimer, in conditii controlate de compostaj sunt incurajatoare.

*Cuvinte cheie:* biopolimeri naturali, amidon de porumb, compostare aeroba, metode

## 1. Introducere

Biopolimerii biodegradabili reprezinta un domeniu curent de cercetare stiintifica de o mare importanta ecologica, stiintifica si economica. Creste insa continuuu preocuparea pentru consecintele asupra mediului, ale produselor din astfel de materiale, cand acestea sfarsesc in gropile de gunoi, dupa ce si-au indeplinit rolul. In special ridica probleme materiale, de unica folosinta, cum ar fi ambalajele. Macromoleculele cu masa moleculara mare, contnand legaturi covalente, nu sunt usor descompuse pe cale naturala, in conditiile oferite de infrastructurile de management al deseurilor.

Materialele polimerice fabricate pornind de la biopolimeri naturali, precum polizaharide (ca amidonul si celuloza) proteine, trigliceride (uleiuri vegetale), in general produse agricole, pot fi biodegradabile si pot juca un rol considerabil in rezolvarea problemelor de mediu ridicate de folosirea materialelor polimerice [1].

Polimerii biodegradabili se pot obtine si prin biosinteza bacteriana din materiale naturale (poliesteri din polizaharide), sau prin sinteze chimice din materiale naturale regenerabile (poliesteri din acidul lactic - obtinut prin fermentare pornind de la amidon [2].

Produsii micsti pe baza de polimeri sintetici si biopolimeri pot prezenta de asemenea un grad mai mare sau mai mic de biodegradabilitate

* Autorul căruia i se va adresa corespondența.
Tel.: 0040 264420590; Fax: 0040 264420667.
e-mail:mrnpaul@yahoo.com

***Proprietati care caracterizeaza biodegradabilitatea ambalajului***

Gradul de degradabilitate a polimerilor folositi ca ambalaje in mediu trebuie sa tina cont de:

- ✓ caracteristici ale mediului in care se va produce biodegradarea (mediu natural simulat: biomasa din sol) si ale materialului polimeric - ca variabile independente
- ✓ caracteristici ale probei polimerice si variatia lor in functie de timpul de expunere la actiune mediului - ca variabile dependente

Variabile independente care pot fi urmarite privind mediului de biodegradare (biomasa, sol) pot fi: umiditatea, speciile de microorganisme prezente si concentratia lor, temperatura, pH-ul, radiatii UV, substante nutritive prezente. In ceeea ce priveste proba, astfel de variabile ar fi: rugozitatea suprafetei, granulatia, concentratia polimerului. Biodegradabilitatea polimerilor este influentata de numerosi parametrii structurali si prin folosirea unor metode statistice de interpretare a datelor se poate stabili care dintre acestia se coreleaza cel mai bine cu biodegradabilitatea. Majoritatea polimerilor naturali ca amidonul, celuloza, proteinel sunt biodegradati cu usurinta prin hidroliza urmata de oxidarea cu ajutorul enzimelor. In vederea evaluarii procesului de biodegradare trebuie deci sa se tina seama de faptul ca proprietatile moleculare ale polimerului, precum distributia maselor moleculare, cristalinitatea si morfologia, vor dicta proprietatile fizice ale produsilor de ambalat, obtinuti din acesti polimeri. Cand proba de polimer este supusa procesului de biodegradare, numeroase proprietati fizico-chimice se modifica: indicel de topire (de curgere), distributia maselor moleculare (polidispersia), analiza termografica, curbele tensiune-deformare, cinetica degradarii (cu ajutorul unui respirometru, care masoara concentratia oxigenului sau a dioxidului de carbon in faza gazoasa). O conditie esentiala pentru biodegradarea polimerilor este compostarea aeroba, realizeazata intr-un mediu controlat de temperatura, fluxul de aer si umiditate utilizand un respirometru sau o instalatie de masurare a dioxidului de carbon. Pentru a controla cantitatea de aer introdus, se foloseste aer comprimat. Testul urmareste masurarea consumului total de oxigen care insoteste procesul de biodegradare a polimerului. Prin aceasta metoda se determina conversia si viteza de biodegradare a biopolimerului sub actiunea microorganismelor aerobe in prezenta apelor reziduale municipale:

- in prima etapa are loc atasarea microorganismelor la proba de polimer (formandu-se un mic ecosistem pentru microb, in care acesta actioneaza asupra materialului polimeric, de obicei prin enzime, in sensul descompunerii conform necesitatilor de alimentare a microorganismului)
- a doua etapa a biodegradarii consta in fragmentarea materialului
- a treia etapa este dezintgrarea acestuia si transformarea in pulbere
- a patra etapa si finala este transformarea in dioxid de carbon, apa si substante minerale

In cadrul laboratorului INMA Cluj-Napoca s-a realizat ambalajul de protectie antisoc, (tip pufuleti) pornind de la amidon de porumb (polimer natural nemodificat), cu o structura poroasa [3] asemanatoare cu aceea a polistirenului expandat conform (fig.1)
si realizat cu ajutorul unui extruder conform fig. 2.



Figura 1. Structura ambalaj pe baza de amidon de porumb

**3.Materiale**

Reteta utilizată la realizarea ambalajului bioplimeric, supus testelor de biodegradabilitate a avut în componenta amidon, glicerină si apa:

- ✓ amidonul, s-a utilizat amidon de porumb obtinut in Romania avand urmatorele caracteristici: umiditate raportată la substanta umeda de 10,76%, dimensiunile particulelor intre 2,3 si 37,3 μm si densitatea de 0,561 g/cm$^3$;
- ✓ glicerina utilizata a avut o concentratie de 99,5 % si o densitate de 1,262 g/cm$^3$;
- ✓ apa utilizată a fost apa curenta de la retea.

***Fluxul tehnologic***

Amidonul a fost introdus în extruder cu ajutorul dozatorului iar alimentarea plastifiantilor a fost realizata cu ajutorul pompei peristaltice. În scopul utilizării unei singure pompe dozatoare, cei doi plastifianti, glicerina si apa, fiind miscibili, au

fost amestecati în proportia din reteta si introdusi în rezervorul pentru plastifianti. Raportul masic intre glicerina si apa a fost de 1 la 2. Plastifiantii au fost introdusi în zona de lucru printr-un stut aflat la 170 mm de la axa palniei de alimentare. Ambele alimentari s-au facut în mod continuu, orice întrerupere a alimentarii conducând la variatii ale debitului si proprietatilor produsului finit. Debitul de alimentare cu amidon a fost de 4 kg/h iar debitul de alimentare cu plastifianti de 11 ml/min. Valorile temperaturilor în cele 6 zone ale extruderului au fost stabilite initial, realizate si mentinute pe parcursul functionarii instalatiei de extrudare cu ajutorului unui program a carui interfata este panoul de comanda al extruderului. Temperaturile în primele cinci zone ale extruderului au fost 30°C, 50°C, 100°C, 130°C, 150°C iar temperatura în zona matritei a fost de 150°C. Turatia melcilor a fost de 140 rot/min.

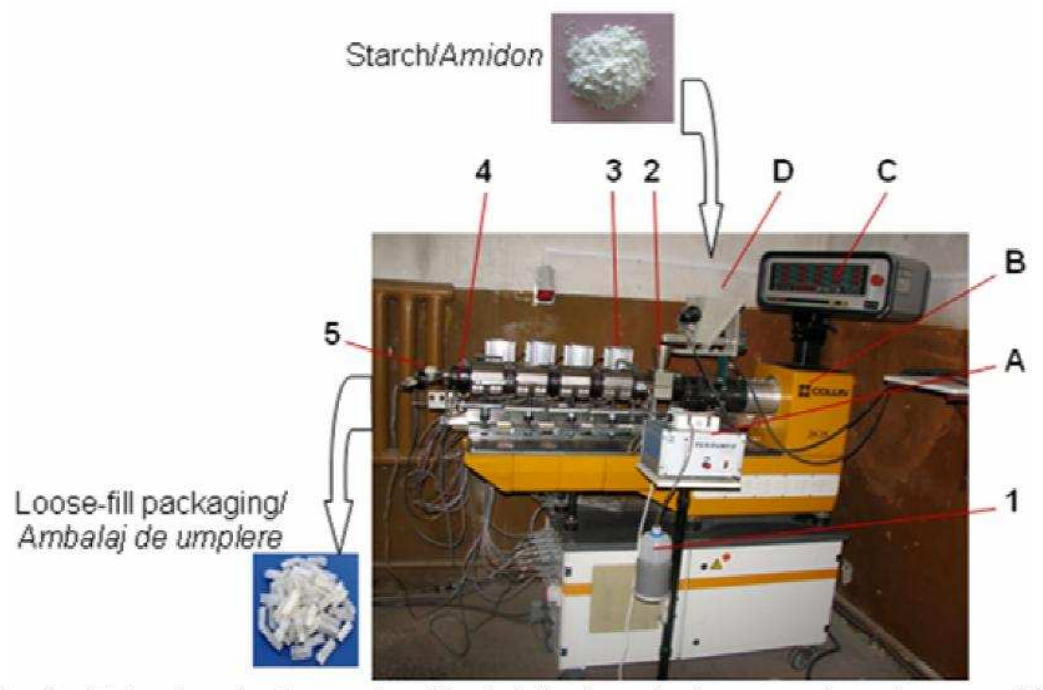



Fig. 2 Instalatie de extrudare

Tehnologia aplicată a permis obtinerea unui ambalaj de protectie antisoc de calitate, definit de proprietati de structura, mecanice si de biodegradabilitate specific, prin intermediul unui instalatii de extrudare format din:

A - pompa peristaltica; B - extrudere; C - panou comanda; D- dozator

1. Rezervor plastifianti
2. Palnie alimentare
3. Zona 01-05
4. Zona 0,6- 5
5. Matrita

Controlul biodegradabilitatii ambalajului pe baza de amidon de porumb s-a determinat cu ajutorul instalatiei de masurare a dioxidului de carbon (fig.2), realizat in cadrul laboratorului ICIA Cluj-Napoca.

Evaluarea biodegradarii aerobe finale, a presupus descompunerea ambalajului, de catre microorganisme, aflate intr-o suspensie de compost-inocul, in prezenta oxigenului, in dioxid de carbon, apa, saruri minerale si intr-o biomasa noua.

Fiolele se montează în serie şi se conectează împreună la tubulatura etanşă pentru a nu patrunde dioxid de carbon din aer. Se introduce in instalatie aer fără $CO_2$, cu un debit de la 50 ml/min până la 100 ml/min şi la presiune scazută şi constantă. Pentru a verifica debitul de aer, se utilizează un dispozitiv corespunzător de control al debitului. Se utilizează aer sintetic fără $CO_2$ sau aer comprimat. În acest ultim caz, se elimină $CO_2$ prin trecerea aerului printr-o fiolă cu calce sodată uscată sau soluție apoasă de hidroxid de potasiu (KOH) 10 mol/l (în prima instalație). $CO_2$ degajat în vasul de compostare se absoarbe în fiola absorbantă cu soluție bazică de NaOH.



Fig.3. Principiu de functionare a instalatie experimentale de dioxid de carbon degajat

În a doua instalație se utilizează o fiolă conținând calce sodată sau 100 ml soluție de hidroxid de bariu [$Ba(OH)_2$] de 0,125 mol/l, pentru a indica, prin turbiditate, prezența $CO_2$ în aer. Aerul lipsit de $CO_2$ ajunge în recipientul (balonul) de încercare, respectiv compostare, unde are loc biodegradarea, se produce $CO_2$, care este absorbit în fiolă absorbantă cu soluție de $Ba(OH)_2$, pentru a fi determinat conform metodelor (titrimetrică şi DIC-carbonul anorganic dizolvat).

In cursul biodegradarii aerobe a materialului de incercat, dioxidul de carbon apa sarurile minerale si noii constituenti celulari microbieni (bimasa) sunt produse de biodegradare finala. Dioxidul de carbon obtinut este monitorizat continuu sau la intervale regulate in recipiente de incercare si in cele martor, pentru a se determina cantitatea cumulata de dioxid de carbon degajat.

- ✓ Inocul-compost bine aerat, lipsit de obiecte inerte de dimensiuni mari (sticle, pietre, metale) trebuie pastrat intre 2 luni si 6 luni. Mai poate fi utilizat de asemenea, un compost provenit din instalatiile care trateaza deseuri de gradina cu deseuri solide menajere. Din punct de vedere chimic s-au determinat pH, continutul in , substante solide uscate la (105º), substante volatile la (550 º), rcontinutul de carbon organic (C), continutul de azot (N), raportul N/C si ionul amoniu [4,5]
- ✓ Celuloza, ca material de referinta, pentru control pozitiv, cu dimensiunea particulelor sub 2µm. La sfarsitul incercarii trebuie sa fie 70% degradat sau mai mult;
- ✓ Ambalaj, ca material de incercat, de dimensiuni, aproximativ 20mmx 2mm, cu un continut suficient de carbon organic pentru a permite obtinerea unei cantitati de dioxid de carbon corespunzatoare pentru determinare, respectiv o cantitate de minimum 50g materii solide uscate totale care sa contina 20g TOC (carbon organic total), si un raport C:N cuprins intre 10 si 40. De asemenea se determina continutul in materii solide uscate si materii volatile solide ca la proba martor.

S-au supus experimentarii 3 recipiente de compostare cu probe: (1) proba inocul-compost, blanc ; (2) proba inocul-compost : material de referinta (celuloza); (3) proba inocul-compost : material de incercat, respectiv ambalaj din amidon de porum sub forma de pufuleti, in raport de (6:10) si au fost urmarite timp de 30 zile.

Compostarea s-a realizat in conditii controlate de: temperatura, umiditate, debit si agitare timp de o luna, analizandu-se la interval de 2 zile, solutiile absorbante prin metoda titrimetrica si prin analiza IR cu TOC-lichide la 5 zile, conform standardului (4,5).

Metoda titrimetrică

La inceputul încercării, se dozează exact 100ml soluție, hidroxidul de bariu în fiecare din flacoanele absorbante. În funcție de natura şi de cantitatea materialului de încercat, se modifică volumele de absorbție. La anumite intervale de timp, după scoaterea flaconului, se filtrează tot volumul prin hârtie de filtru cu porozitate medie şi se titrează o cotă parte din soluția de hidroxid de bariu cu soluția de acid clorhidric.

Se calculează masa dioxidului de carbon captată în

flaconul absorbant cu ecuația (4):

$$m = \left( \frac{2C_B \times V_{BO}}{C_A} - V_A \times \frac{V_{BT}}{V_{BZ}} \right) \times C_A \times 22 \quad (1)$$

*în care:*
*m*-masa $CO_2$ captat în flaconul absorbant, în miligrame; $c_A$-concentrația exactă a soluției de HCI, în moli pe litru; $c_B$-concentrația exactă a soluției de $Ba(OH)_2$, în moli pe litru; $V_{BO}$-volumul soluției de $Ba(OH)_2$ la începutul încercării, în mililitri; $V_{BT}$-volumul soluției de $Ba(OH)_2$, la timpul t, înainte de filtrare, în mililitri; $V_{BZ}$-volumul alicotelor din soluția de $Ba(OH)_2$, utilizate pentru titrare, în mililitri; $V_A$-volumul soluției de HCI, utilizat pentru titrare, în mililitri; *22*-jumătatea masei moleculare a $CO_2$ , carbonul anorganic dizolvat
*sau se utilizează ecuația (5) dacă:* - pentru titrare este utilizată toată soluția ($V_{BO} = V_{BT} = V_{BZ}$); $c_B$-concentrația soluției de hidroxid de bariu este exact 0,125mol/l; $c_A$ - concentrația soluției de acid clorhidric este exact 0,05mol/l

$$m = 1{,}1\ (50 - V_A) \quad (2)$$

Metoda DIC (carbon anorganic dizolvat)- TOC lichide

La începutul încercării, se dozează exact 100ml soluție de hidroxid de sodiu 0,05moli/l, pentru absorbția dioxidului de carbon, iar la intervale de timp stabilite, se masoară cantitate de carbon anorganic dizolvat, în probele cu materialele de încercat (material de referință, ambalaj de amidon), iar ca probă martor se foloseşte hidroxid de sodiu 0,05moli/l, conform standardelor [6,7,8].
Se calculează dioxidul de carbon obținut, cu ecuația (6):

$$(CO_2)_T = (DIC_T - DIC_B) \times \frac{3{,}67}{10} \quad (3)$$

în care:
$(CO_2)_T$-masa dioxidului de carbon degajat, în miligrame; $DIC_T$-carbonul anorganic dizolvat măsurat, în miligrame; $DIC_B$ - carbonul anorganic dizolvat măsurat pe soluția martor de NaOH, în miligrame; *3,67*-raportul între masa moleculară a $CO_2$ (44) şi masa atomică a carbonului (12);
*10*-factorul de corecție pentru un volum de 100 ml de soluție hidroxid de sodiu.
Se calculează apoi cantitatea teoretică de dioxid de carbon ($ThCO_2$ ) degajat, exprimat în miligrame, cu ecuația (7):

$$ThCO_2 = m \times X_c \times \frac{44}{12} \quad (4)$$

în care: *m* - masa materialului de încercat, în miligrame; $X_C$ - conținutul de carbon în materialul de încercat, determinat din formula chimică sau calculat dintr-o analiză elementară şi exprimat ca fracție masică; *44* şi *12* masa moleculară a dioxidului de carbon şi, respectiv, masa atomică a carbonului.
Se calculează biodegradarea procentuală, $D_t$, pentru fiolele de încercare, din cantitatea de dioxid de carbon degajat pentru fiecare interval de măsurare, cu ecuația (8):

$$D_T = \frac{\sum (CO_2)_T - \sum (CO_2)_B}{ThCO_2} \times 100 \quad (5)$$

în care:
$\sum(CO_2)_T$ - cantitatea de dioxid de carbon degajată în fiola cu proba de amidon între inceputul încercării şi timpul t, exprimată în miligrame; $\sum(CO_2)_B$ - cantitatea de dioxid de carbon degajată în fiola cu proba martor (blanc), între începutul încercarii şi timpul t, exprimată în miligrame; $ThCO_2$ - cantitatea teoretică de dioxid de carbon degajată de materialul de încercat exprimat în miligrame.

**3.Rezultate şi discuții**

S-au supus experimentării: o probă inocul-compost cu material de referință (celuloza); inocul-compost cu material de ambalaj, respectiv amidon de porum sub formă de pufuleți, în raport de 6:1.

Compostul utilizat a fost obținut din deşeuri de gradină, livadă, deşeuri alimentare, depozitate între 2-6 luni şi amestecat ulterior cu nămol activ, obținându-se o suspensie inocul-compost, care s-a supus analizei şi s-au determinat următoarele caracteristici: pHsol (1:5) 7.71; solide uscate la (105ºC), până la masa constantă 50%; solide volatile (calcinare, 550 ºC) 29%; conținutul de carbon organic în proporție de 33,93%; conținut de azot 8,79% şi raportul C/N 3,86; iar pentru nămolul activ s-au determinat: substanța uscată 2,481g/l; substanțe volatile 48,64%; reziduu calcinat 0,702g/l şi amoniu 1,49mg/l.
Compostarea s-a realizat în condiții controlate de: temperatură, umiditate, debit şi agitare timp de o lună, analizându-se la interval de 2 zile, soluțiile absorbante prin metoda titrimetrică şi prin analiză IR cu TOC-lichide, la 5 zile.

Dioxidul de carbon degajat în cursul compostării s-a absoarbit în soluție bazică (hidroxid de bariu, de concentrație 0,125mol/l şi s-a analizat cantitatea de $CO_2$ eliberată în mg/l , pe fiecare recipient, prin metoda analitică (titrimetrică) conform tabelului nr. 1, şi curba de biodegradare conform graficului nr. 1.La sfarsitul celor 30 zile, celuloza s-a degradat pana la faza stationara in proportie de 63,0% iar ambalajul de amidon de porumb, compostat, a atins un nivel de biodegradare de 46,5%.

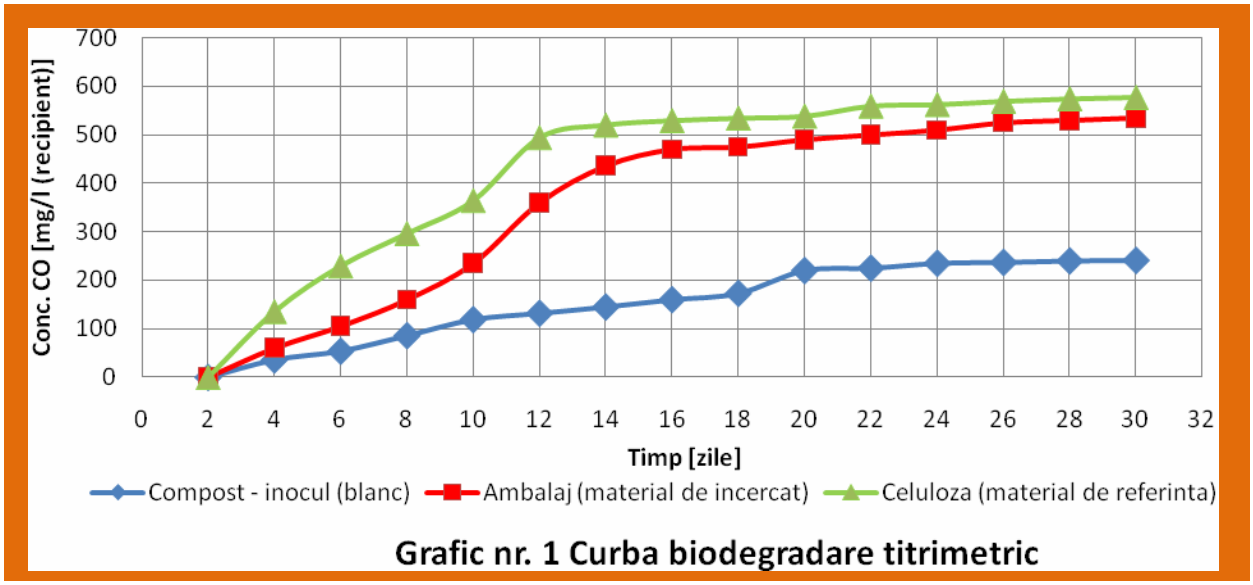
Dioxidul de carbon absorbit in solutie de hidroxid de sodiu, 0,05mol/l, a fost masurat cu ajutorul unui analizor in IR, metoda TIC-AS.

Cantitatea de carbon anorganic dizolvata a fost calculata in g/l pe fiecare recipient, folosind curba de calibrare a aparatul in domeniul de concentratie IC-10000 ppm conform tabelului 2.
Rezultatele obtinute pentru gradul de biodegradare pe fiecare recipient au fost: celuloza in prezenta compostului s-a degradat 87,7% in 30 zile, iar ambalajul pe baza de amidon 56,5%. Nivelul de biodegradare s-a determinat prin compararea cantitatii de dioxid de carbon degajata cu cantitatea teoretica ($ThCO_2$), folosind formulele (6,7,8), si apoi s-a trasat curba de biodegradare conform graficului nr. 2.

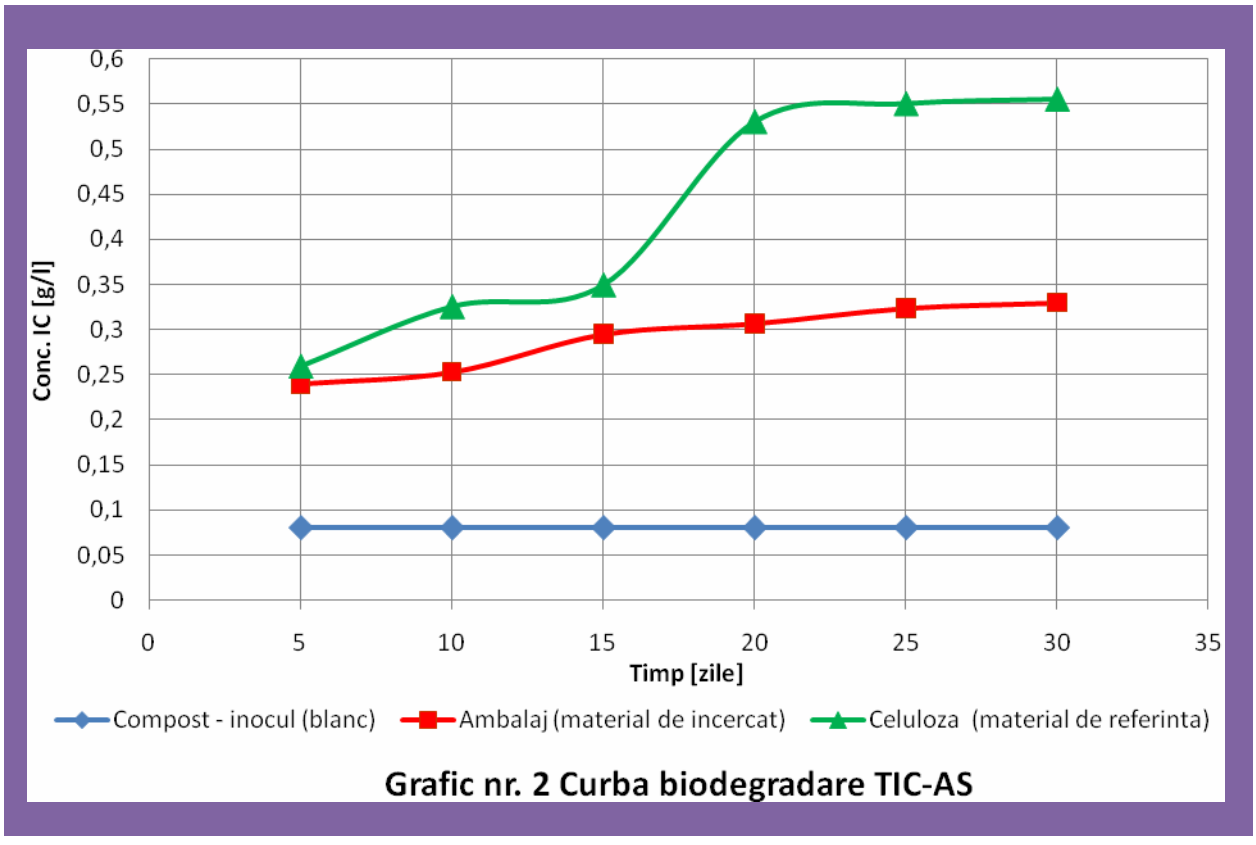
| Umiditate % | Temp ºC | Debit ml/min | Timp zile | $CO_2$ absorbit-compost mg/l | $CO_2$ absrbit-ambalaj mg/l | $CO_2$ absorbit-celuloza mg/l |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 60 | 58±2 | 0,5 | 2 zile | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 4 zile | 36 | 60 | 136 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 6 zile | 54 | 105 | 230 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 8 zile | 86 | 160 | 297 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 10 zile | 119 | 235 | 365 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 12 zile | 132 | 360 | 495 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 14 zile | 145 | 436 | 521 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 16 zile | 160 | 470 | 530 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 18 zile | 173 | 475 | 535 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 20 zile | 220 | 490 | 539 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 22 zile | 225 | 500 | 560 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 24 zile | 235 | 510 | 563 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 26 zile | 237 | 525 | 570 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 28 zile | 240 | 530 | 575 |
| 60 | 58±2 | 0,5 | 30 zile | 241 | 535 | 578 |

Tabeul 2. Dioxidul de carbon degajat in conditiile compostarii - Metoda DIC (carbon anorganic dizolvat)

| Timp zile | conc. IC - NaOH g/l | conc. IC - compost-inocul g/l | conc. IC - ambalaj g/l | conc. IC - celuloza g/l | $D_t$-ambalaj % | $D_t$-celuloza % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 0,094 | 0,081 | 0,240 | 0,259 | 1, 8 | 1,02 |
| 10 | 0,094 | 0,081 | 0,253 | 0,325 | 1,28 | 1,70 |
| 15 | 0,094 | 0,081 | 0,295 | 0,349 | 1,60 | 1,85 |
| 20 | 0,094 | 0,081 | 0,307 | 0.530 | 1,69 | 3,10 |
| 25 | 0,094 | 0,081 | 0,324 | 0,550 | 1,81 | 3,45 |
| 30 | 0,094 | 0,081 | 0,330 | 0,555 | 1,85 | 3,50 |




Grafic nr. 1 Curba biodegradare titrimetric




Grafic nr. 2 Curba biodegradare TIC-AS

**4.Concluzii**

- Bioplasticele, care sunt materiale biodegradabile obtinute din polimeri naturali proveniti din resurse agricole, constitue o solutie viabila pentru rezolvarea problemelor create de materialele plastice sintetice, datorita consumului ridicat de titei, o resursa mereu deficitara si mai scumpa si cu impact negativ asupra mediului, nefiind biodegradabile
- Amidonul din surse vegetale este foarte atractiv datorita pretului de cost scazut, existentei lui in cantitati mari in materiile regenerabile si datorita posibilitatii prelucrarii lui pe utilaje de extrudare si termoformare utilizate in prelucrarea biopolimerilor
- Rezultatele obtinute in urma compostarii aerobe a materialului de amabalaj de tip biopolimer, in conditii controlate de temperatura, umiditate, ventilatie s-a situat in

jurul valorii de 46.5%, prin metoda titrimetrica, iar prin TIC-AS in jur de 56.5%

- Realizarea de ambalaje de protectie biodegradabile va contribui la valorificarea superioară a amidonului si reactivarea fabricilor autohtone de amidon si va aduce beneficii substantiale mediului si societatii prin conservarea si protejarea ecosistemelor, în acord cu Directiva UE 94/62 referitoare la ambalaje si deseuri de ambalaje.
- Beneficiarii tehnologiei pot fi fabricile de amidon din tară, unitătile care detin utilaje de extrudare, în special cele din industria maselor plastice, precum si fabricantii de produse fragile care necesită astfel de ambalaje de protectie
- In consecinta biopolimerii ce provin din resurse regenerabile sunt biodegradabili in proportie destul de mare, pot fi compostati cu usurinta , nu contribuie la cresterea bioxidului de carbon atmosferic, asigurand astfel, un sistem de management al reziduurilor care sa protejeaza mediul.

## Bibliografie

[1] Nabar Y., R. Narayan, 2006, Process ingineering principles of production of foam sheets, Chemical Engineering Dept, Michigan State University

[2] Radley J.A., 1976, Examination and Analysis of Starch and Starch Products Applied Science Publishers Ltd: London

[3] ***, 2005, Bioplastics: Plants, Raw Materials, Products, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzov, Germany

[4] ***, 1999, ISO 8245 : 1999. The water quality. Guide for determination of total organic carbon

[5] ***, 2005, SR EN ISO 14852 : 2005. Determination of the ultimate aerobic biodegradability and of packaging materials. Method by analysis of released carbon dioxide

[6] ***, 2009, SR EN 14046 : 2009 Packages. Evaluation of the ultimate aerobic biodegradability and of packaging materials desintegrationunder controlled composting conditions. Method by analysis of released carbon dioxide