

STUDIUL METODELOR DE FABRICARE A JUCĂRIILOR DIN MATERIALE ECOLOGICE

Andreea PALADI

Departamentul Design Industrial și de Produs, grupa DI-231, Facultatea de Design,
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

Autorul corespondent: Andreea Paladi, e-mail andreea.paladi@dip.utm.md

Îndrumătorul/coordonatorul științific: **Mihai STAMATI** designer, lect. univ., DDIP, FD, UTM
Cristina EFREMOV dr., lect. univ., DDIP, FD, UTM

Rezumat. Materialele plastice constituie unul dintre cei mai importanți polimeri pe bază de petrochimie, utilizați pe scară largă în diverse scopuri. Majoritatea acestor polimeri sunt pe bază de petrol și sunt produși prin metode de adăugare sau condensare. Efectele lor adverse asupra mediului reprezintă în prezent o preocupare majoră în întreaga lume datorită rezistenței lor la degradarea microbiană. Materialele plastice biodegradabile sunt considerate o alternativă mai bună decât materialele plastice din combustibili fosili sau cele din petrol, deoarece degradează în mod natural. Acțiunea microbiană are loc mult mai rapid la materialele plastice biodegradabile, precum amidonul de porumb, amidonul de mazăre, cojile de legume și fructe, grăsimile și uleiurile vegetale. În plus aceste materiale sunt naturale și sigure pentru sănătatea atât a copiilor, cât și a tuturor oamenilor.

Cuvinte cheie: jucării, polimeri biodegradabili, deșeuri alimentare, mediu înconjurător, sănătate

Introducere

Evoluția tehnologică de pe piața jucăriilor a ridicat noi probleme cu privire la siguranța jucăriilor. Este cazul jucăriilor ce pot conține substanțe toxice așa ca metale grele (plumb, mercur), ftalați, parabeni, bisfenol, care pot provoca alergii grave, probleme hormonale, boli cardio-vasculare și chiar cancer. Pe lângă faptul că sunt toxice pentru organismul uman, acestea au devenit o amenințare serioasă pentru mediu, cauzând cea mai mare parte a poluării terenurilor, ce constituie 25% din volumul total al depozitelor de gunoi [1]. Astfel, studiul materialelor biodegradabile permite dezvoltarea de noi aplicații. În prezent, cea mai comună piață pentru bioplastice este ambalajul, care include pungile comerciale de plastic biodegradabile, pungi și containere de colectare a deșeurilor compostabile și tăvi și ambalaje pentru alimente biodegradabile sau fabricate din biomasă. Se dezvoltă aplicații în alte sectoare, cum ar fi industria auto sau electronică. Sectorul jucăriilor utilizează alte materiale precum lemnul, textilele și metalul [1].

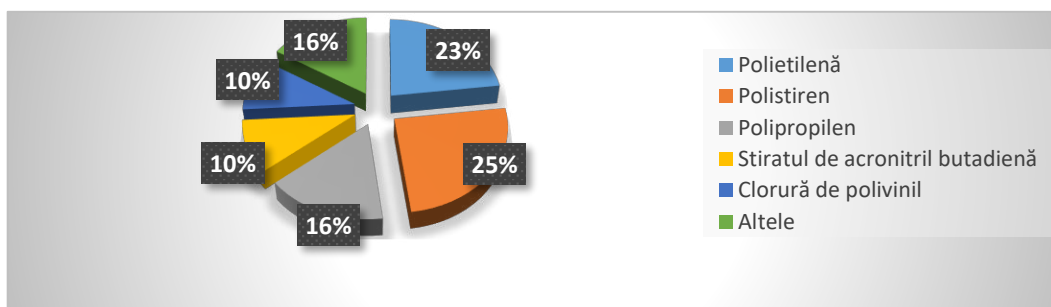


Figura 1. Materiale plastice utilizate în sectorul jucăriilor (%)

Cu toate acestea, principala componentă folosită în jucării este plasticul, precum poliolefinele (polietilenă, polipropilenă, EVA etc.), polimerii pe bază de stiren (PS, ABS, SB etc.) și PVC-ul plastifiat, care sunt cele mai utilizate materiale plastice în sectorul jucăriilor. Unele componente sau

părți ale jucăriilor (Fig. 1) folosesc materiale plastice industriale (de exemplu, poliamidă, policarbonat sau polimetil metacrilat). În plus, au o viață utilă scurtă și sunt aruncate la scurt timp, deoarece practic niciuna dintre componentele lor nu poate fi reutilizată [2].

1. Polimerii biodegradabili

Din cauza că materialele petrochimice au devenit o sursă de probleme de mediu se caută alternative ecologice, cum ar fi materialele plastice biodegradabile. Astfel, Institutul de Tehnologie Jucăriilor (AIJU) dezvoltă proiectul BIOTOY de cercetare a materialelor biodegradabile pentru utilizare în sectorul jucăriilor [2]. Un material biodegradabil este definit ca un polimer capabil să fie descompus în dioxid de carbon, metan, apă, componente anorganice sau biomasă prin acțiunea enzimelor microbiene. Materialele plastice obținute din resurse regenerabile (plante precum porumb, tapioca, cartofi, zahăr și alge marine) și care, în întregime sau parțial, sunt compostabile se numesc bioplastice. Materialele biodegradabile pot fi împărțite în patru categorii principale în funcție de originea și producția lor (Tabelul 1):

Tabelul 1.

Clasificarea materialelor biodegradabile [2]

ORIGINEA	EXEMPLE DE PRODUCȚIE
Derivat direct din biomasă	Celuloză, amidon, chitosan
Sintetizat din surse regenerabile	PLA, acid poliglicolic (PGA), policaprolactonă (PCL)
Produs de microorganisme sau modificat genetic	Polihidroxialcanoat (PHA), poli-3-hidroxiutarato (PHB)
Amestecuri cu polimeri biodegradabili	Alcool polivil (PVA) și policaprolactonă (PCL)

Unul din materialele bioplastice studiate este cel pe bază de amidon. Amidonul este un biopolimer natural format în principal din două tipuri polimerice de glucoză, și anume amiloza și amilopectina. Amidonul pentru producția de materiale plastice include biodegradabilitatea, reînnoirea, o barieră bună la oxigen în stare uscată, abundența și costul scăzut [3]. El are o stabilitate termică satisfăcătoare și provoacă influență minimă asupra proprietăților de curgere a topiturii majorității materialelor utilizate în industria plasticului, spre deosebire de materialele de umplură convenționale din celuloză, cum ar fi făină de lemn și pastă de hârtie, despre care s-a constatat că afectează curgerea. În timpul extrudării amidonului, combinația forfecarea, temperatura și plastificarea permit producerea de material termoplastic topit. Ulterior, acest material poate fi transformat prin termoformare sau turnare prin injecție [2, 3].



Figura 2. Jucărie turnată din diverse materiale: a) arborform, b) PHB, c) PHB + 35% coji de migdale, d) amidon [3]

Ținând cont de aceste caracteristici și proprietăți necesare, în prima etapă „Căutarea și selecția materialelor cu proprietăți biodegradabile” autorii au selectat următoarele materiale:

- Polimeri pe bază de amidon natural. MaterBi YI01U.
- Poliester biodegradabil. PHB P 226 (polihidroxiutarat PHB).
- Alcool polivinilic.
- Compuși termoplastici cu rumeguș și coji de migdale.
- Compuși biopolimeri cu coji de migdale. PHB+35% coji de migdale.
- Aditivi care provoacă oxo-descompunerea materialelor termoplastice. ADDIFLEX GES.

Înainte de a continua cu injecția propriu-zisă, fazele de umplere, compactare și răcire ale procesului de injecție au fost simulate folosind diferite materiale biodegradabile (Fig. 2). Analiza

a arătat că materialele selectate nu sunt problematice în timpul procesării. O mașină de turnat prin injecție DEMAG Ergotech 110-430h/310V a fost utilizată pentru a produce eprubete standard pentru încercări de tracțiune, încovoiere și impact, precum și piese obținute din matricea prototip. O atenție deosebită a fost acordată parametrilor de injecție, inclusiv timpul și temperatura procesului, deoarece aceste materiale pot fi afectate de alți factori. Temperatura procesului de injecție a fost de 140-190°C [4]. Au fost caracterizate duritatea Shore, debitul, densitatea și temperatura de înmuiere Vicat ale diferitelor materiale.

2. Materiale sigure pentru sănătate utilizate la fabricarea jucăriilor sau ambalajelor alimentare

2.1. Producerea materialului natural pe bază de sfeclă roșie

În această lucrare, se estimează impactul materialelor alternative și al producției atunci când se proiectează jucării, luând în considerare atât impactul asupra sănătății copiilor, cât și asupra mediului. Pentru a atinge acest obiectiv, autorii au propus să proiecteze o cutie geometrică care să poată fi imprimată 3D cu un material preparat cu piure de sfeclă roșie. Rezultatele au arătat că este posibil să se obțină proprietăți funcționale, folosind materiale alternative mai ecologice, fabricate cu mașini de prototipare aditivă [4].

În această cercetare, s-au ales metodele Embrapa pentru prepararea materialelor naturale. Pentru acest experiment a fost pregătit un aluat din piure de sfeclă roșie. Pentru a obține cantitatea de 32–35 g de aluat de sfeclă roșie s-a luat 400 g apă, 28,06 g pectină de citrice, 9,36 g piure de sfeclă.



Figura 3. Aluatul de sfeclă [6]

Componentele trebuie amestecate timp de 10 min într-un mixer tip Turak 12.000 r/min. Materialul are un cost redus, cu proprietăți reologice de înaltă performanță, preparat și întărit la temperatura de 120 °C (lungimea camerei de uscare = 80 cm). Compozitul pe bază de carbohidrați reprezintă o pastă netedă, cu consistență uniformă, grosimea sa umedă a lamei fiind de 1 mm, iar viteza de întindere de 12 cm/min [5].

În ceea ce privește proprietățile fizice ale aluatului de sfeclă produs, ele au fost prezentate în tabelul următor:

Tabelul 2.

Caracteristica proprietăților fizice a aluatului de sfeclă [6]

Proprietățile fizice	Valorile obținute
Densitate	1150 kg/m ³
Conductivitate termică	0,52 W/(mK)
Capacitate termică specifică	3460 J/(kgK)

2.2. Producerea materialului natural pe bază de coji de banane și amidon de porumb

Această lucrare a avut ca scop utilizarea deșeurilor alimentare precum cojile de banane, amidonul de porumb etc., pentru realizarea materialelor plastice biodegradabile, folosind metode simple de laborator:

1. Bioplastic din coji de banană [4]. Cojile de banană au fost scufundate în soluție de bisulfid de sodiu 0,5% timp de 30 de minute după curățarea cu apă distilată și uscare pe hârtie de filtru. Cojile tratate au fost uscate pe hârtie de filtru și fierte timp de 30 de minute. Cojile înmuiate au fost făcute piure în pastă fluidă folosind un blender de laborator. La 25 ml de

- pastă de banane s-au adăugat secvențial 0,5 M HCl, 2 ml propan-1,2,3-triol și 3 ml NaOH cu amestecare intermitentă folosind o baghetă de sticlă. Amestecul a fost turnat uniform pe o tavă mare și copt în cuptor cu aer cald la 130°C timp de 30 de minute.
2. Bioplastic din amidon de cartofi [4]. Cartofii au fost curățați de coajă și făcuți piureu cu apă distilată și filtrați cu ajutorul unei cârpe de muselină. Amidonul a fost lăsat să se depună timp de 5 minute și apoi a fost decantat. S-au adăugat 100 ml apă distilată pentru a clăti amidonul. Apa era decantată, lăsând amidonul umed curat. Amidonul a fost uscat într-un cuptor pentru a obține pulbere albă. La 2,5 g pudră de amidon s-a adăugat 25 ml apă distilată împreună cu 3 ml HCl (0,1 M) și 2 ml glicerol și acest amestec a fost încălzit timp de 15 minute. pH-ul s-a dovedit a fi acid. Pentru a neutraliza pH-ul, s-a adăugat 3 ml NaOH. Amestecul a fost turnat uniform pe un Petri mare și s-a copt în cuptor cu aer cald timp de 30 de minute la 130 °C.
 3. Bioplastic din amidon de porumb. Soluția de amidon de porumb a fost preparată prin dizolvarea a 10 grame de amidon de porumb în 60 ml apă distilată. La acest amestec 5 ml de acetic s-au adăugat secvențial acid și 5 ml de glicerol și s-au încălzit la foc mic cu agitare constantă. Amestecul a fost răspândit pe o farfurie mare de Petri și apoi se coace în cuptorul cu aer cald setat la 130 °C timp de 90 de minute. Procedura similară a fost repetată cu sorbitol în loc de glicerol [5].
 4. Bioplastic din agar. Soluția de agar a fost preparată prin adăugarea a 3,0 g de agar în 100 ml apă distilată și s-au adăugat 2 ml de glicerol. Amestecul a fost încălzit la foc mic, turnat uniform pe o placă Petri și copt la cuptor cu aer cald timp de 30 de minute la 130 °C [5].
 5. Bioplastic din coji de banană și agar. Cojile de banană au fost procesate și transformate în pastă conform protocolului anterior. La aproximativ 25 g de pastă de banane, 1 gram de agar a fost amestecat urmat de adăugarea de HCl, glicerol și NaOH. Pașii de stratificare și coacere au fost urmați conform protocolului anterior [5].
- Caracteristicile fizice studiate au fost prezentate în tabelul 3:

Tabelul 3

Caracteristicile fizice a bioplasticului produs [4, 5]

Material folosit	Coaja de banana + glicerol	Coaja de banana + sorbitol	Amidon de porumb	Amidon de cartofi	Agar
Culoare	Maro	Maro	Alb	Alb	Transparent
Miros	Fructat	Fructat	Nul	Nul	Nul
Textura	Aspră	Aspră	Netedă	Netedă	Netedă
Transparență	Opac	Opac	Translucid	Translucid	Transparent

Concluzii

Studiul acestor metode dovedește faptul că, materialele plastice biodegradabile sau cele naturale pot fi utilizate pe viitor ca înlocuitor pentru substanțele nebiodegradabile pe bază de petrol. Polimerii biodegradabili pe bază de amidon, coji de migdale sau piure de sfeclă roșie pot fi folosite la fabricarea jucăriilor sigure și ecologice atât pentru copii, cât și pentru mediul înconjurător. Filmele produse din cojile de banană au potențiale aplicații pentru a fi utilizate ca ambalare a alimentelor, deoarece pot îmbunătăți calitatea alimentelor. Pe viitor, cercetările privind compatibilitatea și biodegradabilitatea acestor materiale deschide căi noi pentru utilizarea lor la imprimare 3D sau la fabricarea diferitor produse ecologice.

Surse bibliografice:

- [1] D. Horwath. Discovering opportunities for biopolymers in 3D printing. 2017. Disponibil: <https://3dprintingindustry.com/news/discovering-opportunities-biopolymers-3d-printing-119046/>
- [2] H. C. Huang, T. C. Chang, J. Jane. Mechanical and physical properties of protein-starch based plastics produced by extrusion and injection molding. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76, 2001, 1101-1108.
- [3] F. G. Torres, R. M. Diaz. Morphological characterisation of natural fibre reinforced thermoplastics. *Polym. Compos.* 12, 705, 2004.
- [4] D. G. McCullough. Waste-to-toys: the growing market for eco-friendly, high-quality toys. *The Guardian* <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2014/jun/16/eco-friendly-sustainable-toys-growing-market-waste-recycling> (2014). Retrieved 26 Aug 2016
- [5] N. Rustagi, S. K. Pradhan and R. Singh. *Public health impact of plastics: an overview*. *Indian J. Occup. Environ. Med.* 15(3), 100, 2011.