

## Politejsav (PLA) mátrixú biokompozitok

### Poly(lactic acid) Based Biocomposites

HAJBA Sándor<sup>1\*</sup>, Dr. TÁBI Tamás<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Polimertechnika Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

<sup>2</sup> MTA–BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport  
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3., hajba@pt.bme.hu

#### ABSTRACT

*In our work cellulose fibre reinforced poly(lactic acid) composites were prepared by extrusion and injection molding with fibre content of 10, 20 and 30 wt%. The processing conditions and the usage of the side feeder were investigated. We found that the composites containing 30 wt% cellulose had the best tensile and flexural properties. With the side feeder extrusion we failed to produce adequate quality.*

#### KIVONAT

*Munkánk során 10, 20 és 30 m%-os cellulóz erősítésű politejsav kompozitokat állítottunk elő extrúzióval és fröccsöntéssel. Vizsgáltuk az előállítási körülmények, az oldaladagoló alkalmazásának hatását a kompozitok tulajdonságaira. A mérésekből megállapítható, hogy a kompozitok szilárdsága és modulusa a 30 m%-os szál-erősítés esetében kis mértéken javult a PLA-hoz képest. Ellenben az oldaladagoló segítségével nem sikerült megfelelő minőséget előállítani. Emellett az adhézió sem volt megfelelő a PLA és a cellulóz között.*

**Kulcsszavak:** politejsav, cellulóz, biokompozitok, fröccsöntés, oldaladagolás

#### 1. BEVEZETÉS

A szigorodó környezetvédelmi előírások és a csökkenő olajkészletek hatására a műanyagipar is egyre több megújuló erőforrás alapú polimert állít elő. A biopolimerek egyik legfontosabb képviselője a politejsav, amelyet főként a szénhidrátforrásokból erjesztéssel élőállított tejsavból, gyűrűfelfelnyílásos polimerizációval készítenek. A PLA a poliészterek családjába tartozó hagyományos hőre lágyuló technológiákkal feldolgozható polimer. A hagyományos kőolaj alapú társai közül a polietilén-tereftaláthoz (PET) és a polisztirolhoz (PS) hasonlítható. A biopolimerek csoportjából jó szilárdságának (60 MPa) és modulusának (4 GPa) köszönhetően kiemelkedik, ugyanakkor előnye mellett hátrányként említhető a rideg viselkedése és kis hőállósága [1-4]. Az iparban főként, mint csomagolóanyag terjedt el, ugyanakkor a műszaki alkalmazásokhoz szükség van tulajdonságainak módosítására, amelyre egyik lehetőség a természetes szálakkal történő társítása. Ebben az esetben a PLA biodegradabilitása 100%-ban megőrizhető. Az szakirodalomban számos cikk foglalkozik a természetes szálerősítésű PLA-val, ellenben ezekben az esetekben a kompozitokat préseléssel készítik, amely technológia során nagyobb az elérhető száltartalom, ellenben a termékek geometriája korlátozott, illetve a hosszú préselési idők miatt a természetes szálak is károsodhatnak [5-10].

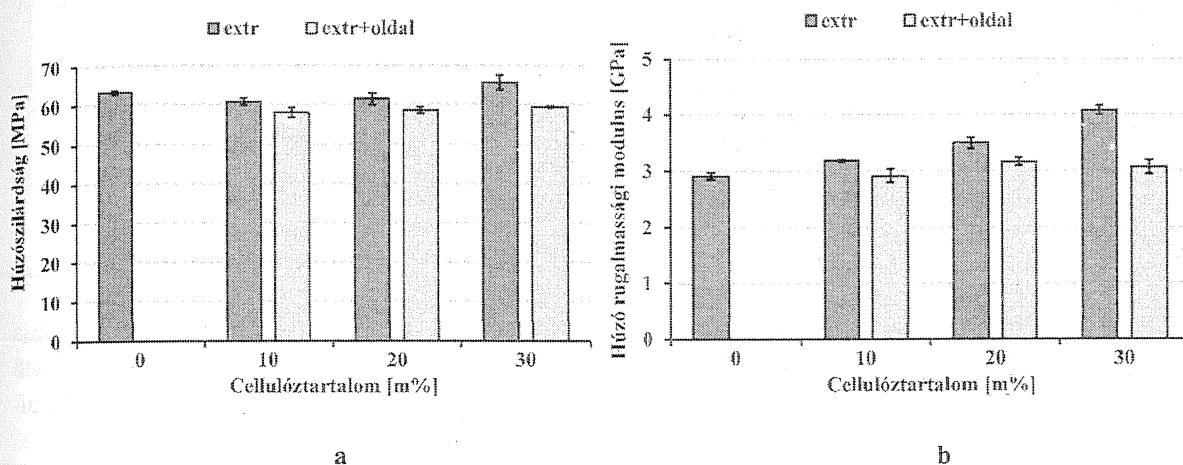
#### 2. FELHASZNÁLT ANYAGOK, VIZSGÁLATOK

Munkánk során mátrixanyagként a PLA 3052D (NatureWorks) típusú politejsavat, erősítőanyagként pedig az Arbocel BWW40 típusú cellulózszálat alkalmaztuk. A kompozitokat extrúzióval és fröccsöntéssel állítottuk elő. Az extrúzió során a szálat kétféle módon kevertük az PLA-ba. A kísérlet első részében a szálak és a mátrix is közvetlenül az extruder adagolójába kerültek, amíg a második lépésben a cellulózt oldaladagolóval juttattuk be. Ezáltal jobban elkerülhető a cellulóz nagy hőmérsékleten történő károsodása a rövidebb tartózkodási időnek köszönhetően. 10, 20 és 30 m%-os próbatesteket gyártottunk, amelyeken szakító-, hajlító-, charpy-, és elektronmikroszkópos vizsgálatokat hajtottunk végre. A szakítóvizsgálatot a laborban található Zwick Z020-as univerzális szakítógépen hajtottam végre. Az vizsgálatokhoz 10 mm széles és 4 mm vastag fröccsöntött próbatesteket használtunk. A befogási hossz 115 mm a vizsgálati sebesség 5 mm/perc volt. A hajlítóvizsgálatok

esetén szintén 10 mm széles és 4 mm vastag próbatesteket alkalmaztunk 64 mm-es alátámasztási távolság és 5 mm/perc vizsgálati sebesség mellett. A Charpy ütőszilárdsági vizsgálatokhoz 80 mm hosszú 10 mm széles 4 mm vastag, a közepén 2 mm mély V-alakú bemetszést tartalmazó próbatesteket készítettünk. A méréshez 2 J-os kalapácsot használtunk 150°-os helyzetből indítva.

### 3. EREDMÉNYEK

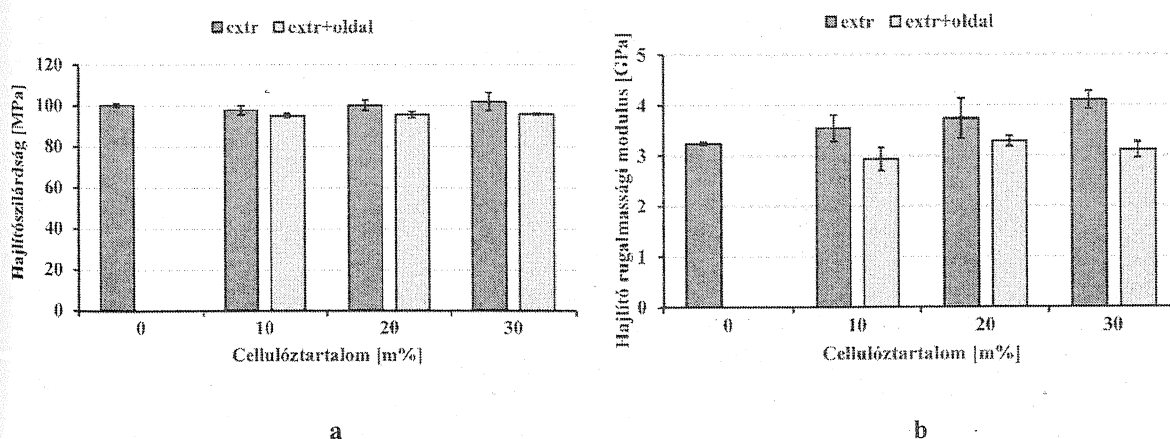
A szakítóvizsgálat eredményeiből látható hogy mind a húzószilárdság mind a húzó rugalmassági modulus növekedett a száltartalom növelésével. A mérésekből látszik, hogy abban az esetben mikor a szálak a teljes extruderen keresztül haladnak, jobb szilárdság és modulus érhető el, mint az oldaladagolás esetében. Ez egyrészt a jobb keveredésnek, másrészt a pontosabban beállítható és megvalósítható száltartalomnak köszönhető. A 30 m%-os esetben elért maximális szilárdság és modulus 65,5 MPa illetve 4,1 GPa volt. A mérési eredmények az 1. ábrán láthatók.



1. ábra

Politejsav cellulóz kompozitok a) húzószilárdság, b) húzó rugalmassági modulus

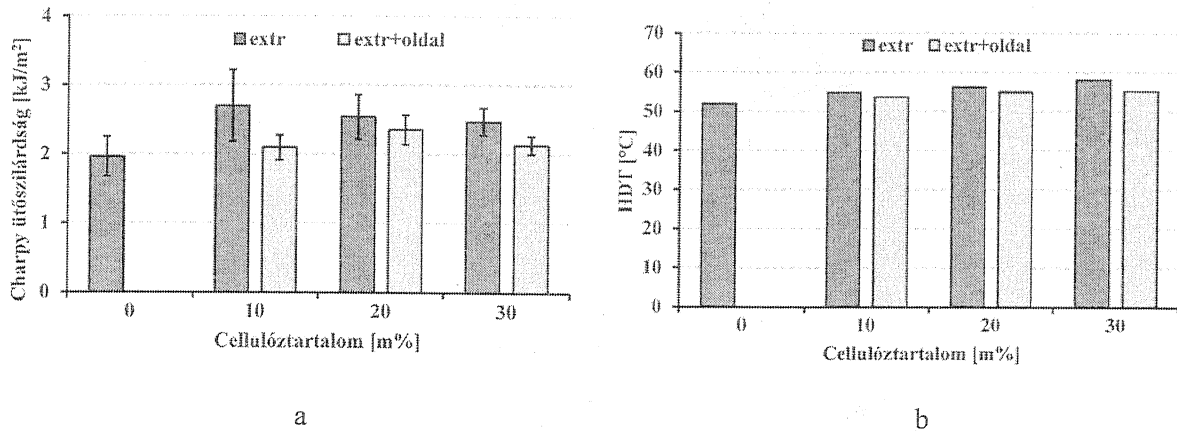
A hajlítóvizsgálatok eredményei is egybevágóak a szakítás eredményeivel, amely szintén megerősíti, hogy az oldaladagolóval kevésbé lehet megfelelő minőségű kompozitokat előállítani. A 30m%-os esetben az elért maximális szilárdság és modulus 102 MPa, illetve 4,1 GPa volt.



2. ábra

Politejsav cellulóz kompozitok a) hajlítószilárdság, b) hajlító rugalmassági modulus

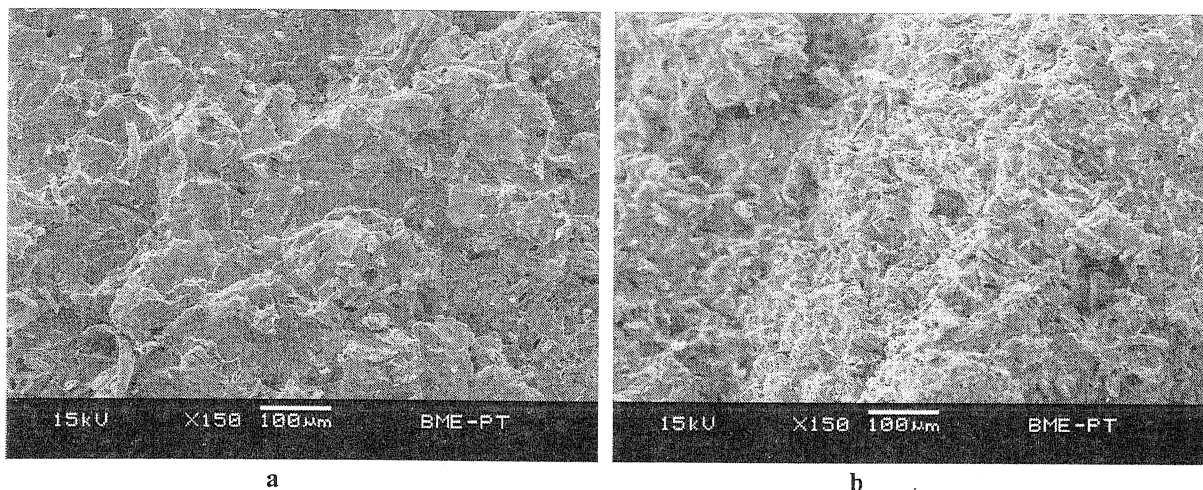
Az ütőszilárdság esetében szintén megfigyelhető, hogy az oldaladagolóval készített kompozitok esetén a kevésbé homogén szerkezetnek köszönhetően nem javult az ütőszilárdság. A hagyományos extrúzióval előállított esetben ellenben a 10m% cellulóz esetén 1,95 kJ/m<sup>2</sup>-ről 2,7 kJ/m<sup>2</sup>-re nőtt az ütőszilárdság, ami az oldaladagolóhoz képesti jobb homogénebb jobb száledosztatásnak köszönhető.



3. ábra  
Politejsav cellulóz kompozitok a) ütőszilárdsága, b) HDT hőmérséklete

A cellulóztartalom növekedésével a kompozitok hőalaktartóssága is növekedett. Ahogy az ábrán látható a HDT értéke 52°C-ról 30 m% cellulózzsál esetén 58°C-ra emelkedett. Az előzőekhez hasonló trend figyelhető meg, hogy a hagyományos extrúzióval előállított kompozitok ebben az esetben is jobban teljesítettek az oldaladagolóval készítettéknél.

Az elektronmikroszkópi képek részben magyarázatot adnak arra, hogy az oldaladagolóval készített kompozitok miért teljesítettek rosszabbul, a rövidebb tartózkodási idő és hőterhelés ellenére. Az 5. a ábrán látható hogy abban az esetben mikor a teljes extruderen keresztül mennek a szálak sokkal jobb a szálak eloszlása, amíg a 4.b ábrán látható oldaladagolóval készített esetben feltételezhetően egy aggregátum helye látható. Ez magyarázható azzal, hogy az oldaladagolás során a cellulóz eloszlását sokkal rövidebb út alatt kell megoldani, amely rosszabb eloszláshoz vezet. Ez eredményezi, hogy ezzel a technológiával gyártott kompozitok rosszabb tulajdonsággal rendelkeznek, mint a hagyományos extrúzióval készítették.



4. ábra  
Politejsav cellulóz kompozitok a) hagyományos extrúzió, b) oldaladagolással készített

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA K105257) anyagi támogatásáért. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását a TÁMOP - 4.2.2.B-10/1--2010-0009 program támogatja.

## IRODALOMJEGYZÉK

1. Garlotta D.: A Literature review of poly(lactic acid). *Journal of Polymers and the Environment*, 9, 63-84 (2001).
2. Lim L-T., Auras R., Rubino M.: Processing technologies for poly(lactic acid). *Progress in Polymer Science*, 33, 820-852 (2008).
3. Rasal R. M., Janorkar A. V., Hirt D. E.: Poly(lactic acid) modifications. *Progress in Polymer Science*, 35, 338-356 (2010).
4. Carrasco F., Pages P. Gámez-Pérez J., Santana O. O., MasPOCH M. L.: Processing of poly(lactic acid): Characterization of chemical structure, thermal stability and mechanical properties. *Polymer Degradation and Stability*, 96, 116-125 (2010).
5. Bismarck A., Mishra S., Lampke T.: Plant Fibers as Reinforcement for green composites in 'Natural fibers, biopolymers, and biocomposites' (eds.: Mohanty A. K., Misra M., Drzal L. T.), Taylor and Francis Group Boca Raton (2005).
6. Ho M., Wang H., Lee J. H., Ho C., Lau K., Leng J., Hui D.: Critical factors on manufacturing process of natural fiber composites. *Composites: Part B*, 43, 3549-3562 (2012).
7. Graupner N., Herrmann A. S., Müssig J.: Natural man-made cellulose fibre-reinforced poly(lactic acid) (PLA) composites: An overview about mechanical characteristic and application areas. *Composites: Part A*, 40, 810-821 (2009).
8. Kowalczyk M., Piorkowska E., Kulpinski P., Pracella M.: Mechanical and thermal properties of PLA composites with cellulose nanofibers and standard size fibers. *Composites: Part A*, 42, 1509-1514 (2011).
9. Jonoobi M., Harun J., Mathew A. P., Oksman K.: Mechanical properties of cellulose nanofiber (CNF) reinforced polylactic acid (PLA) prepared by twin screw extrusion. *Composites Science and Technology*, 70, 1742-1747 (2010).
10. Hajba S., Czigány T., Tábi T.: Development of cellulose-reinforced Poly(Lactic Acid) (PLA) for engineering applications. *Materials Science Forum*, 812, 59-64 (2015).