

**Válasz Dr. Szoboszlai Zsolt opponensi véleményére a Nagy Bianka doktorandusz:  
"Biológiailag lebomló műanyagok tulajdonságjavítása" című PhD-értekezéséről**

**Tisztelt Bíráló Bizottság! Tisztelt Dr. Szoboszlai Zsolt!**

Elsősorban szeretném kifejezni a köszönetemet Dr. Szoboszlai Zsolt opponensemnek a PhD értekezéséről szóló bírálatáért, az előbírálat során adott különösen hasznos útmutatásaiért, kritikai észrevételeiért és kiemelt jelentőséggel a befektetett időért. Felettébb örömteli, hogy az előbírálatban megfogalmazott kritikákra, pontosításokra és bővítésekre irányuló korrekcióimat a végleges dolgozatban megfelelőnek vélte. Továbbá nagy öröm volt számomra, hogy kísérleti munkám eredményeihez kapcsolódó tézispontjaimat helytállónak ítélte.

A továbbiakban az opponensi kérdésekre reflektálok, idézve az opponensi kérdéseket a nyomon követhetőség érdekében.

1. „Fontos lehet az új összetételű/módosított, részben bioműanyag(ok) LCA-életciklus analízise/megítélése szempontjából: mik a korlátai a körforgásos/újrafeldolgozást nélkülöző elemzéseknek?! (Nem vagy lassan bomlik le a már nem használt műanyag és sokszor újra felhasználható (marad), vagy előállítom a biopolimer-tartalmú terméket és olyan mértékű a biopolimer szerkezetében a degradáció, hogy valóban biohulladék/-komposzt lesz belőle.)”

Azok a lineáris képet adó LCA módszerek, amelyek nem veszik figyelembe az újrafeldolgozást, illetve a körforgásos megközelítést valóban korlátozottak, mivel csupán a „gyártási folyamat – felhasználás – lerakás” lánc vizsgálatával foglalkoznak, melynek eredményeképpen a környezeti hatások kerülnek feltárára. A biológiailag lebomló műanyagok esetében a lebomlás feltételeinek és a bioműanyag hulladék kezelésének hiánya, valamint a mezőgazdaságot ért terhelések figyelmen kívül hagyása az LCA eredményét teljes mértékben befolyásolja. A műanyagok LCA elemzésének fő fókuszpontjának véleményem szerint a hulladékkezelésnek/újrafeldolgozásnak, illetve a biológiailag lebomló műanyagok esetében a komposztálási infrastruktúra hatásainak kellene lennie. Ugyanis túlzottan pozitív képet festhet az elemzés a biológiailag lebomló polimerek valós környezeti hatásáról, ha az nem számol az ipari komposztálás szigorú körülményeivel és energiaigényével.

2. „Kísérleti részben /2.3.3/2.3.4/ az adalék és adalékok fizikai vizsgálata: a „jó kémiai” reakció és átalakulás a megfelelő és várt fizikai/műszaki alkalmazhatósági választ adta?! /A kukoricakeményítő és PLA aránya, vagy a kukoricakeményítő bekeverési mennyiségek és az adalék mennyiségének aránya lehet a meghatározóbb a kompatibilizálás során?/”

Mind a kukoricakeményítő tartalom, mind az adalék aránya befolyásoló hatást gyakorol a feldolgozás során kialakuló határfelületi adhézióra. Kísérleti munkám eredményei alapján úgy vélem, hogy a kukoricakeményítő tartalom meghatározóbb a kompatibilizálás során, mivel az 50% kukoricakeményítő tartalmú próbatestek esetében nem határoztam meg olyan műszaki paramétert, amely a legkevesbé szigorú műszaki specifikációnak megfelelne. Ezzel szemben a 10% kukoricakeményítő tartalmú PLA próbatestek esetében sikerült olyan kompozíciót találnom, melynek alkalmazhatósága megbízható a vizsgált paraméterek alapján.

3. „Optimális keményítőarány van-e a vizsgált kukoricakeményítő bekeverési mennyiségeknél? Meddig növelhető a kukoricakeményítő aránya az adalék bekeverésének mennyiségével a PLA mátrixba?”

A kísérleti munkám során alkalmazott vizsgálatok alapján a felhasznált alapanyagokkal az optimális natív kukoricakeményítő aránya 10 tömeg%. Az afeletti mennyiség (20-50 tömeg% közötti kukoricakeményítő tartalom) olyan mértékű fázisszeperációt mutatott, amely megakadályozására az általam szintetizált növényolaj alapú adalékokkal a vizsgált koncentráció tartománnyal nem volt lehetséges.

4. „Mesterséges öregítési vizsgálat majd újrabekerítés, újrahasznosítás...mit gondol a vizsgált/módosított PLA-kukoricakeményítő termékek esetéről?”


Azt gondolom, hogy a mesterséges öregítési vizsgálatok elengedhetetlenek a PLA/kukoricakeményítő kompozitok teljeskörű műszaki teljesítményének vizsgálatához, mivel azok a valós környezeti terhelés (fotodegradáció, termikus öregítés, hidrolitikus degradáció, fárasztásos szakító vizsgálatok, biológiai öregítés) által bekövetkező alkalmazástechnikai változásokat mutatják meg (degradációra való hajlam, biolebonlás sebessége, élettartam/tartósság, stb). Ez egyrészt megalapozza az anyagfejlesztést, másrészt a PLA/kukoricakeményítő termékek élettartam becslését. A komposztálható PLA/kukoricakeményítő kompozitok újrabekerítését, illetve újrahasznosítását okafogyottnak vélem, mivel a komposztálható kompozitok esetében nem a hosszú élettartam a fő cél, hanem a degradációra/komposztálhatóságra való hajlam biztosítása. Emiatt a komposztálásra alkalmas

PLA/kukoricakeményítő kompozitok mechanikai újrafeldolgozásra habár korlátozottan megvalósítható, a termikus feldolgozás során bekövetkező degradáció (termikus és vízerzékenyséjüknek köszönhetően hidrolitikus egyaránt) következtében a kompozit minősége jelentősen romlana.

Végezetül szeretném ismételt hálámat kifejezni Dr. Szoboszlai Zsolt bírálataért, illetve rendkívül hasznos tanácsaiért az előbírálathoz és kérem válaszaik elfogadására.

Veszprém, 2025.11.18.

Tisztelettel:



Nagy Bianka  
doktorandusz