

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

Tisztelt Bíráló Bizottság! Tisztelt Dr. Baladincz Péter!

Mindenekelőtt szeretném hálámat kifejezni Dr. Baladincz Péter opponensemnek a PhD értekezéséről szóló bírálatáért, az irányt mutató és építő jellegű kritikai észrevételeiért és nem utolsósorban az értekezés feldolgozásába befektetett időért. Örömmre szolgált, hogy a szakirodalmi kutatásomat megfelelőnek vélte és elismerte a téma aktualitását, valamint kísérleti munkámból levont konzekvenciáimat elfogadta és javasolta dolgozatom elfogadását.

A továbbiakban az opponensi észrevételekre reflektálok, koncentrálna a fő pontokra.

- I. Egyetértek a kritikával, miszerint az irodalmi kutatásom során nagy hangsúlyt fektettem a biológiailag lebomló polimerek szabályozási környezetére, melynek tanulmányozása elmozdította a fókusz az alkalmazott komponensek részletesebb ismertetéséről. Ennek háttérében az állt, hogy bizonyítsam a téma aktualitását, illetve hangsúlyozzam azt, hogy a műanyag hulladékok okozta kár enyhítése komplex, többretegű megoldást kíván. Továbbá teljes mértékben elfogadom, hogy a korábbi, tanszéki MSA addíciós kísérletekből származó optimális növényolaj:MSA molarány meghatározásakor eredményre kellett volna hivatkoznom, azonban nem volt elérhető publikáció, amely kizárólag ezt az eredményt taglalta volna.
- II. Kétségtelenül egyetértek azzal, hogy dolgozatom és az ábrák zsúfoltnak tűnnek, illetve „jobb szerkesztéssel vagy struktúrával könnyebben követhetővé lehetett volna tenni” az értekezést. A kísérleti munka komplexitása miatt habár több struktúra is született a dolgozat elkészítése során, a bemutatott struktúra tűnt közülük transzparensnek. Igyekeztem ábrákkal és táblázatokkal áttekinthetőbbé tenni a dolgozatot, azonban a kísérleti munkám számossága miatt belátom, nem volt teljes mértékben kielégítő megoldás.

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

1. „A jelölt kitér rá az irodalmi részben, hogy a keményítő, mint komponens a származásától függően különböző módokon viselkedhet a polimer rendszerben. Gondolkodott esetleg a jelölt azon, hogy kukoricakeményítő mellett más keményítő típusokkal is végez kísérleteket?”

Kísérleti munkám megalapozásakor többféle komponens vizsgálatára is gondoltam. Kísérlettervezésemkor azonban rájöttem, hogy a mintaszámok sokasága miatt redukálnom kell a kompozitok komponenseinek számát, amelyeket egyrészt a műszaki teljesítményük és a biológiai lebonthatóságuk, másrészt a rendelkezésre állásuk alapján választottam ki. A rendelkezésre állás és a globális volumen alapján választottam ki a kukoricakeményítő komponens, ami natív formájában is elérhető volt számomra. Összehasonlítottam a keményítő típusok (kukorica, búza, burgonya, tápióka és rizs) éves globális volumenéről szóló különböző iparági forrásokból és piackutató cégek által publikált nyilvános információkból becsült adatokat, melyekből messzemenőleg a kukoricakeményítő mutatta a legmagasabb számot.

2. „A jelölt a dolgozatban többször is nagy hangsúlyt fektet arra, hogy olyan alapanyagokat alkalmazzon, amelyek nem élelmiszerforrások és így alkalmazásuk nem jelent versenyhelyzetet az élelmezési és az ipari célú felhasználások között. Gondolkodott a jelölt esetleg nem élelmiszerforrás eredetű keményítő felhasználásán?”

Igen, figyelembe vettem a lehetőséget, hogy olyan keményítőből készítek kompozitot, mely nem élelmiszerforrású. Kísérleti munkámban hangsúlyt fektettem arra, hogy natív keményítőt dolgozzak fel a kompozitokhoz, azonban az ipari célú keményítők valamely hányada módosított keményítő, melynek hatásvizsgálatával nem szerettem volna a dolgozatom komplexitását növelni. Ebből az okból, illetve a keményítő típusok éves globális volumeneinek becsléseiből kifolyólag úgy döntöttem, hogy habár élelmiszerforrást képvisel a kukoricakeményítő, natív formájában megfelelő a kísérleti munkám elvégzéséhez és a módosításával kialakult új szerkezettel nem adok új változót a rendszeremhez.

3. „A jelölt a dolgozatban nagyon helyesen kitér arra, hogy a konvencionális műanyagokhoz képest a biológiailag lebomló műanyagok adott esetben akár nagyobb és teljes mértékben eltérő környezetterhelést jelenthetnek (eutrofizáció, stb.), vagyis a teljes kiváltás nem feltétlenül vezetne igazi eredményre. A jelölt véleménye szerint rendszerszemléletű hozzáállással mi lenne egy elfogadható polimer mix, vagy újra-felhasználási, újrafeldolgozási, komposztálási rendszer, amely a környezetterhelést ténylegesen csökkentené és nem csak a fókuszpontját mozgatná?”

Véleményem szerint nem feltétlenül a polimer mix összetételében keresendő a megoldás, hanem a hulladék újrafeldolgozási lehetőségeiben, illetve a hozzárendelt újrahasznosítás/komposztálás infrastruktúrájában. A környezetterhelés tényleges csökkentése mindenféleképpen egy komplex, rendszerszemléletet igénylő megoldásért kiált. Habár a bioalapú, vagy biológiailag lebontható műanyagok piacra történő bevezetése és széleskörű

alkalmazása hozzájárul a fosszilis műanyag hulladékok mértékének csökkenéséhez, a fosszilis alapú műanyagok teljes mértékben történő helyettesítésére nem alkalmasak. Ezért mind a fosszilis, mind a bio eredetű műanyagok jelenléte nélkülözhetetlen valamely piaci szegmensben. Ennek eredményeképpen meg kell határozni egy olyan műanyag hulladék csökkentésére irányuló fenntarthatósági stratégiát, amely együttesen tárgyalja mind a két eredetű műanyag hulladékot. A fenntarthatósági stratégia lényeges elemét kell képeznie, hogy optimumot kell felállítani az élelmiszer forrásként használható alapanyag volumene és az abból előállított polimer kompozit volumene között, másrészt lényeges eleme még, hogy a bio alapú polimerek komposztálási környezetét megteremtjük. Utóbbihoz elengedhetetlen a fosszilis alapú és biológiailag lebontható műanyag hulladékok szelektív gyűjtése. Ugyanis a bio eredetű, biológiailag lebontható műanyagok a fosszilis eredetű műanyag hulladék áram reciklálása során inkompatibilitást mutatnak, melynek eredményeképpen a gyenge felületi adhézió miatt műszakilag nem megfelelő regranulátum állna elő. Emiatt rendkívül fontos a bio alapú műanyagok integrálása a szelektív gyűjtés szabályozási rendszerébe. Ezt segítheti pl. a digitális nyomon követés, vagy a termékek egyértelmű jelölése, hogy minden felhasználói szinten egyértelmű utasítás álljon rendelkezésre a hulladék azonosításáról, illetve kezeléséről. Mindezek mellett rendkívül fontos a komposztáló infrastruktúra fejlesztése, hogy rendelkezésre állhasson városzerte egy ipari műanyag komposztáló egység, amely a hulladékarámnak megfelelő komposztálási kapacitással bír.

Véleményem szerint a bio eredetű, biológiailag lebontható műanyag hulladékok kezelése elsősorban „closed loop recycling” instrukciót követve, meghatározott ipari szegmensekben valósítható meg. Ez alatt azt értem, hogy egy adott piaci tevékenység (élelmiszeripari üzemek, rendezvényhelyszínek, kávézók, stb) során felhasznált biológiailag lebontható műanyag begyűjtéséről az adott cég gondoskodik, aki vagy eljuttatja a hulladékarámnak egy ipari komposztálóba, vagy saját maga építi ki a komposztálási infrastruktúrát.

Végezetül szeretném ismételt hálámot kifejezni Dr. Baladincz Péternek bírálatáért és kérem válaszaim elfogadására.

Veszprém, 2025.11.19.

Tisztelettel:



Nagy Bianka
doktorandusz