

Hivatalos bírálat

Koczkáné Dr. Csiszár Emília: „Textil biotechnológia: Enzimek hatása a cellulóزالapú szálanyagok tulajdonságaira” című doktori értekezéséről

Koczkáné Csiszár Emília doktori értekezésében a textil biotechnológia területén végzett fejlesztő munkájának eredményeit foglalja össze. Alkalmazott kutatási tevékenység lévén, a doktori cím elnyerésének nem feltétele alapvető, új tudományos felfedezések megtétele, viszont feltétel bizonyos tudományos eredmények ismerete és azok célirányos felhasználása a kiválasztott ipari termékek minőségjavításának céljából. – A jelen doktori értekezés ennek teljességgel eleget tesz: biokémiai (enzimológiai), mikrobiológiai és műszaki tudományos ismereteket használ fel integrált módon a cellulóزالapú textiliák (pamut és len) a kor igényeinek megfelelő minőségben való előállítására. Csiszár Emília munkájának eredményeként a korábbi víz-, vegyszer- és energiaigényes textilkikészítési technológiákat új, hatékonyabb és környezetkímélő biotechnológiai módszerekkel helyettesítette, melyek a végtermék tulajdonságait is javítják.

Az értekezés érdemi része 114 oldalt tesz ki, ezt követi a 14 db tézispont, majd a 246 db irodalmi hivatkozás, amit a kandidátusi fokozat (1998) megvédése óta megjelent saját angol nyelvű (24 db) és magyar nyelvű (15 db) közlemények és előadások (10 db) felsorolása és a műszaki alkotások (3 db) jegyzéke követ. Az értekezés egy Függelékkel (6 oldal) zárul, mely tartalmazza a felhasznált ipari enzimmészítmények listáját és az ipari ill. műszeres kísérletek részleteit. – Megállapítottam, hogy a saját angol nyelvű közlemények összesített impakt faktora 52,476, ami eléggé jelentős teljesítmény, főként, ha figyelembe vesszük azt a tényt, hogy a textilkémia területén viszonylag kevés nemzetközileg is elismert folyóirat van.

Az értekezés *formailag* 6 fő fejezetre tagozódik. A **Bevezetés** (2 old.) megismertet a textil biotechnológia fogalmával és célkitűzéseivel. Ebben helyezi el saját kutatási témáját, amely a cellulóزالapú szálanyagok bioelőkészítésével, biofehérítésével és biokikészítésével foglalkozik. Az **Irodalmi áttekintés** (31 old.) *i.* bemutatja a cellulóزالapú szálanyagok szerkezeti felépítését, *ii.* megismertet a hagyományos vegyszeres textilkikészítési technológiákkal, *iii.* áttekinti az enzimek alkalmazhatóságát a textiltechnológiákban, valamint *iv.* megismertet bizonyos fizikai módszerek (a kisfrekvenciás ultrahang és az atmoszférikus hidegplazma kezelés) hatásával az enzimes folyamatokra. A **Kutatómunka célja** fejezet (3 old.) öt területre tagozódik: Bioelőkészítés, Biofehérítés, Biokikészítés, Hatékonyságnövelés ultrahanggal ill. atmoszférikus hidegplazmával és Ultrahanggal végzett egyéb kutatások. Az **Anyagok és Módszerek** fejezet (7 old.) röviden ismerteti a felhasznált textilipari nyersanyagokat és enzimeket, valamint a szövetek bioelőkészítési és kikészítési módjait. A

Kutatási eredmények és értékelésük (60 old.) közös fejezetet kapott, melyben a Jelölt bemutatja a legfontosabb eredményeit és következtetéseit. Ez a felépítés jól követhető olvasmánnyá teszi az értekezést. Ezt követi a kutatás gyakorlati hasznosítását ismertető rövid fejezet (2 old.), majd a tömör **Összefoglalás** (4 old.). – Mindennek alapján az értekezés egészét tekintve a formai követelményeknek megfelel, tetszetős kivitelezésű és általában jól dokumentált munka.

Formai szempontból azonban mégis van néhány megjegyzésem, mégpedig az értekezésben használt nevezéktannal és rövidítésekkel kapcsolatban. Pl. a 4. oldalon azt írja, hogy a hemicellulóz glükózból és más monoszacharidból épül fel. Sajnos ez így nem egészen helyes, mivel a hemicellulóznak, nevével ellentétben, nincs szerkezetileg köze a cellulózhoz, ugyanis egyáltalán nem tartalmaz 6-szénatomos glükóz-egységeket, hanem kizárólag 5-szénatomos pentózok (nevezetesen a D-xilóz és D-arabinóz) polimerje. – A pektin szerkezeti részletét ugyan szépen szemlélteti a 4. ábra (5. old.), így megérdemelte volna azt is, hogy a galakturonsav mellett a ramnóz nevű alkotóeleme is pontosabban, a nomenklatura szerinti nevén is meg legyen említve, nevezetesen L-ramnóz = 6-dezoxi-L-mannóz-ként, ami szerkezetére is utalna. Ehhez kapcsolódóan kérdezem, hogy az 5.b. ábrán feltüntetett glükomannán nevű polimerek pontosan melyik vegyülettípushoz tartoznak?

A nevezéktanhoz kapcsolódik, hogy sajnos több esetben a rövidítések nem következetesek. Pl. az endoglukanáz a rövidítésjegyzékben EG-ként, a 38. old.-on pedig EGlu-ként szerepel. Továbbá, a pektináz enzimekből ötféle szerepel a 13. ábrán (20. old.) és a rövidítésjegyzékben is, de a poligalakturonázt a 20. old.-n PG-nek, viszont a rövidítésjegyzékben és a 38. old.-n is PGal-nak rövidíti. Az ilyen apró hibák, elírások néha nagyon bosszantóak, és sajnos rontják a dolgozat olvasmányosságát.

A formai hibáktól eltekintve az értekezésben foglalt munka értékes **eredményeket** tár az olvasó elé. Röviden összefoglalva, a munka a pamut és len textilipari enzimes előkészítését foglalja magában, ami a nem cellulóz kísérőanyagok (viaszok, pektinek, színes összetevők és lignin-tartalmú maghéjmaradványok) enzimekkel való eltávolítását jelenti. Erre a célra Csiszár Emília egyrészt a kereskedelembe is kapható hidrolitikus enzimeket (pektináz, xilanáz, celluláz) alkalmazott, másrészt egyedülálló megoldásként pamutmaghéj-hulladékon, ill. nyers lenroston, mint szénforráson, állított elő hidrolitikus és oxidatív aktivitással rendelkező enzimeket is.

Ily módon kidolgozott egy új biotechnológiai textilkikészítési módot, mellyel kiváltható a korábban használt nagy vegyszer-, víz- és energiaigényű folyamat.

Másrészt az enzimes biokikészítés módosította a lenrost morfológiáját is, ami a kelmetulajdonságok kedvező változását eredményezte.

Az időigényes enzimkatalizálta folyamatok hatékonyságát megfelelő fizikai-kémiai módszerekkel (UH-besugárzással és atmoszférikus hidegplazmával) történő előkezeléssel növelte, szisztematikusan kidolgozva e kezelések optimális paramétereit.

A kisfrekvenciás ultrahangos kezelést alkalmazta a szilárd fázisú fermentációval termelt enzimek kinyerésének fokozására is.

Munkájának mintegy „melléktermékeként” textilhulladékból cellulóz nano-kristályok előállítását is kidolgozta, mely, pl. filmek készítésére használható.

Cziszár Emília munkájának ezen eredményeit 14 db tézispontban részletezve foglalta össze, amelyeket itt nem kívánok felsorolni. **A tézispontokban foglaltakat elfogadom**, mint a gyakorlatban alkalmazható új tudományos eredményeket.

A munka néhány részletével kapcsolatban **kérdéseim, megjegyzéseim** a következők:

- 1.) Az értekezés 24. b. ábráján (50. old.), ami a pamutmaghéj xilanázos kezelésének hatását szemlélteti, a „kezeletlen” és a „kontroll” minták között pontosan mi a különbség? Amennyiben a „kezeletlen” az enzimes előkezelés nélküli minta esetén mutatja a lúg hatására történő lignin-kioldódást, akkor mi a „kontroll”? A leírás szerint a kontroll pufferes előkezelést jelent, szintén enzim távollétében. Az ábra szerint ez már önmagában is jelentősen segíti a lignin lúg általi kioldódását! Mit gondol, ha ez valóban így van, mi ennek a magyarázata?
- 2.) Az előbbihez kapcsolódik a 7. táblázat (50. old.) adatainak az értelmezése. Ennek első két sora nem érthető, hiszen itt nem volt jelen enzim, mégis xilanáz-hatás van bemutatva! A világossági tényező (L^+) mérőszáma hogyan van meghatározva? (42,1-ről 40,0-re csökken a pamutmaghéj lúgos kezelésekor, viszont enzimes kezelésnél nő 42,1-ről 45-re.) Az előbbi sötétedést, az utóbbi világosodást jelent, de milyen mértékűt? Megjegyzem, hogy ezek a skálák a Módszerekben sincsenek meghatározva! Továbbá, miért okozhat a lúgos kezelés sötétedést?
- 3.) A 25. ábrán (52. old.) történő EDTA-koncentráció megadása eléggé rendhagyó: mmol EDTA/ml enzim. Ha egyszerűsítünk, akkor mol/liter = M-t kapunk! Ezt azonban nem tartom valószínűnek, mert az EDTA-t általában mM-s koncentrációban szokták alkalmazni! Gondolom azt is, hogy az EDTA-t nem a tömény enzimoldatba tették, hanem először az enzimet hígították! – Ugyanígy szokatlan az 52. oldal közepén megadott 1 mM EDTA/g szövet, de ennek így nem látom értelmét! A mM mindig térfogatra (1 literre) és nem súlyra (g) vonatkozik!

Továbbá, azt a tényt, hogy az EDTA és pektináz együttes alkalmazása hatásos csak a Ca^{2+} -ionok eltávolításában, nem a szerkezet bezáródásával, hanem kissé másképp magyaráznám. Ha az EDTA folyamatosan jelen van az enzim mellett, akkor a szerkezet részleges megbontásakor felszínre kerülő Ca^{2+} -ionokat képes komplexbe vinni, s ezáltal a pektin újabb és újabb részletei válhatnak hozzáférhetővé a pektináz enzim számára.

- 4.) Mint enzimológus, igen érdekesnek tartom az ultrahangos kezelés hatását az enzimaktivitásra. Nevezetesen, hogy **szubsztrát távollétében** UH-s kezelésnek alávetett celluláz enzim szűrőpapír-lebontó aktivitása elég nagymértékű, akár 20-25 %-s csökkenést mutatott (18. táblázat ill. 40. ábra). Ugyanakkor az enzim örölt pamut **szubsztrát jelenlétében** végzett UH-s kezelése jelentős, akár többszörös aktivitás-növekedést okozott (43.-45. ábrák). Természetesen, mint minden heterogénfázisú reakciónál, az UH-s kezelésnél bekövetkező mikroáramlások, a kavitációs buborékok szétropanása, reflektor alkalmazása és a szubsztrát részecskeméretének csökkentése is kedvező hatású az enzimkatalízisre. Azonban tudjuk azt is, hogy a **szubsztrát jelenlétében** kialakuló ES-komplexben az enzimfehérje konformációja az aktív formában stabilizálódik: a szubsztrát megvédi az enzimet a szerkezetét károsító hatásokkal szemben. – Valószínűleg ez történt akkor is, amikor a celluláz enzimet az örölt pamut szubsztrátja jelenlétében tették ki UH-s kezelésnek, ahogy azt az értekezésben bemutatott adatok mutatják.
- 5.) Megkérdezném, hogy tud-e arra vonatkozóan becslést adni, hogy a textilipar mely hányada használja már jelenleg is az enzimes textil-kikészítő technológiákat? – Továbbá, lemérhető-e ezeknek a pozitív hatása a víz- és energia-gazdálkodásunkra?
- 6.) Milyen távlatot lát a jövőben az enzimek további textilipari alkalmazására?

Természetesen a kérdések és megjegyzések nem érintik az értekezés lényegét, amelyet igen értékes munkának tartok. – Összefoglalva, Koczkané Csiszár Emília értekezésében bemutatott munka és annak eredményei elegendőek az MTA doktori cím megszerzéséhez. A nyilvános védés kitűzését és az MTA doktori cím odaítélését javaslom.

2020. július 6.

Kazinczyné Dr. Vas Mária
tudományos tanácsadó
az MTA doktora