

## BÍRÁLAT

**Réczey Istvánné Csorba Katalin:**

**Lignocellulózok biofinomítása és konverziója második generációs üzemanyag-etanolá**

c. MTA Doktori értekezéséről

A témaválasztás fontosságát aligha kell magyarázni, hiszen mindannyian ismerjük a fosszilis energiaforrások környezetszennyező, éghajlat-módosító hatását, ugyanakkor tapasztaljuk a gyorsan növekvő energiaigényt – főleg a fejlődő országokban – és a lassan elfogyó nyersolaj problémáját.

A jelölt a növényi biomassa energetikai hasznosítását tűzi ki célul, de nem égetéssel, hanem bio-üzemanyagok előállításával kíván energiát termelni. Az eddig is elterjedten alkalmazott bioetanol és biodízelt első generációs üzemanyagként tekintve a második generációs üzemanyagok előállítását kutatja, mert ez utóbbiak már nem az élelmiszertermelésből vonják el az alapanyagot, nyersanyaguk a mezőgazdasági és ipari hulladék. A dolgozat Bevezetése pontos leírását adja a vizsgálni kívánt feladatok aktualitásának és gazdasági jelentőségének.

A 20 oldalas Irodalmi áttekintésben a fogalmak nagyon alaposan lettek rendszerezve. A lignocellulóz szerkezetétől kezdve az előkezelés, enzimes hidrolízis, fermentáció stb. jelenlegi eredményei mellett a szerző rámutat az egyes módszerek hátrányaira is (pl. inhibitor képződés, a méretnövelés nehézségei stb.). Az irodalmi áttekintés informatív, ugyanakkor olvasmányos.

A Felhasznált anyagok és módszerek szükséges, de nehezen élvezhető 15 oldalas részében is könnyedén fogalmaz a szerző. A mérések pontosságánál megjelölt 1-5% alacsonynak tekinthető.

Az Eredmények és következtetések c. fejezet közel 100 oldalas, igen részletes, értékes munka. A szerző által vizsgált nyersanyagok valamennyien lignocellulóz alapú melléktermékek és hulladékok. Melléktermék a kukoricaszár, kukoricarost, cukorcirok bagasz, kenderpozdorja, hulladék a papírizsap, hulladék papír. Néhány esetben főterméket is vizsgál (fűzfa, fenyőfa, balatoni nád, energiafű).

A kutatások első és jelentős része a különböző nyersanyagok előkezelésével foglalkozik, a lignocellulózok bonthatóságának elősegítése céljából. Az előkezelést követő enzimes bontás a lignocellulózt egyszerű cukrokká alakítja és ezzel a második generációs energiatermelés alapanyaga lehet. Az előkezelési módszerek sokrétűek (savas, lúgos, gőzrobbantásos stb.), minden nyersanyagnál mások. Hangsúlyozni kell, hogy a szerző és kutatótársai valamennyi nyersanyag vizsgálatában Európában elsők voltak, eredményeikről nívós nemzetközi folyóiratokban számoltak be (1-18 közlemények).

Az Előkezelés (5.1. pont) fejezetben a kukoricaszárra vonatkozó táblázatokat vizsgálva a kísérlettervezésre emlékeztető módon vannak a kísérleti körülmények megválasztva, de a szerző mégsem alkalmazza a sok információt nyújtó kísérlettervezést. Pl.  $c_{sav} = 0,5, 2, 5\%$ . Miért? És milyen %? A táblázatokban egyes esetekben felmerül az adatok megbízhatósága,

pl. a 16. táblázatban (amire egyébként nincs hivatkozás) a glükán és pentán tartalom, illetve a 18. táblázatban a cukortartalom lépései indokolatlannak tűnnek.

A kukoricarost kezelésének eredményeit oszlopdiagramokban dolgozza fel, itt a reprodukálhatóság jól követhető.

A kender és kenderszilázs esetén a jelölt a gőzrobbantásos előkezelés optimalizálását ígéri, de rögtön rögzíti a kéndioxid tartalmat (0 vagy 2%) és az 5 perces reakcióidőt (26. táblázat). Csak a hőmérséklet változását követi, eszerint minek az optimumát találta meg?

Hasonló kérdőjel maradt bennem a 26. oldal irodalmi hivatkozásánál (Galbe és Zacchi), a hidrolízis optimális körülményeire vonatkozóan. Mi optimális? Az etanol kinyerés? A hidrolízis sebessége? A gazdaságosság, mint cél kizárható, mert növelésének határt szab az enzim/szubsztrát arány.

Részletező pontossággal készült az 5.2. Enzim fermentáció fejezet, ami elsősorban celluláz enzim előállításához keres szénforrásokat. Ez a fejezet részben épít más kutatók vizsgálati eredményeire is. Az enzintermelési diagramok informatívak. A szerző megállapítja, hogy a lignocellulózok előkezelésével nyert frakciók alkalmazhatók celluláz és  $\beta$ -glükózidáz fermentáció szénforrásának. Külön fejezet foglalkozik a  $\beta$ -glükózidázzal kapcsolatos kutatásokkal, ez a téma a szerző több évtizedes vizsgálatain alapul. A témából 16 pulikáció készült.

Az enzim komplexek vizsgálata az 5.3. fejezet, az etanol és biohidrogén fermentatív előállítása az 5.4. fejezet témája. Ezeknek az eredményeknek a megalapozására már nincs olyan széleskörű kísérletsorozat, mint az előzőekre. Pl. a 124. oldalon azt írja a szerző, hogy „Optimalizált körülmények között...az elméleti etanolhozam 89%-át sikerült elérnünk”. Bizony ez a nem közölt optimalizálási munka akár egy doktori dolgozat, vagy diplomamunka anyaga lehetne.

A záró 5.5. fejezet az előző 5.1. és 5.2. fejezetekhez képest ugyancsak rövidebb, viszont fontos gyakorlati feladatok felvetéséhez ad alapot: papír víztelenítése, cellulázok a takarmányozásban, bio-műanyagok. Ezek kidolgozatlanságát nem is kívánom számonkérni, hiszen a terjedelmes dolgozat más témakörökben rendkívül sok és jelentős elméleti és gyakorlati haszonnal bíró információval gazdagít bennünket.

Néhány általános megjegyzés és ezzel kapcsolatos kérdés:

1) A szerző a dolgozat 8. oldalán úgy fogalmaz, hogy a bio-üzemanyagok energetikai célú felhasználásakor az üvegházhatású gázok kibocsátása kicsi. Ez így nem pontos fogalmazás, hiszen az energia-előállítás során ugyanúgy keletkezik szén-dioxid, mint a fosszilis tüzelőanyagoknál. Nyilván arra gondolt a szerző, hogy a növények a levegőből szén-dioxidot vesznek fel, így a szén-dioxid mérlege kiegyenlítődik.

2) A diagramok nagyon szépek, de hol magyar, hol angol feliratot találunk a tengelyeken. Kár, hogy ilyen sokoldalú, alapos munkánál az egységesítésre már nem jutott energia.

3) A szerző nagyon lazán alkalmazza az „optimális körülmények” kifejezést. Az esetek nagy részében nem definiálja, hogy minek az optimumát keresi:

a) Egy célparaméter legyen a legjobb?

b) Több célparamétert együttesen vizsgál és valamilyen kompromiszumos megoldást keres?

c) Milyen módszer/módszerek szerint állapítja meg az optimumot?

Jó lenne, ha egy-egy példán világossá tenné az elképzelését.

- 4) A dolgozat fogalmazása elegáns, néhány esetben azonban megpróbálhatott volna az angol kifejezések helyett magyar szóhasználattal élni.
- 5) A Tartalomjegyzék miért csak a 40, 41 és 42 irodalmakat tünteti fel?
- 6) Az Értekezésnek és a Téziseknek miért van különböző címe?


### **A dolgozat összefoglaló bírálata**

Réczey Istvánné Csorba Katalin nagyon értékes doktori értekezést készített. A munka sokrétűsége és terjedelme meghaladja a szokásos dolgozatokét. A kísérleti munka alapos, átgondolt, a következtetések levonása jól megfogalmazott, mindezt kiválóan bizonyítja a témából készített 44 – nagyrészt magas impakt faktorú – cikk, 5 konferencia előadás és egy magyar szabadalom is. Nagyon imponáló a külföldi együttműködő partnerek listája.

A Tézisek tömör, egyértelmű összegzését adják az elért eredményeknek. Különösen erős háttere van az 1. (Lignocellulózok előkezelése) és a 2. (Celluláz és  $\beta$ -glükozidáz fermentáció) témájú téziseknek. Előbbinél a szabadalmat, utóbbinál az ipari méretű kísérleteket külön is érdemes kiemelni. A 3. tézishez (Az enzimes hidrolízis vizsgálata) kevesebb publikáció készült, de jó az összeállítás. Nagyon jól kidolgozott a 4. tézis is (Etanol és biohidrogén előállítása), új értékes eredményeket tartalmaz. Talán az 5. tézis lett kissé vegyes témájú (Cellulázok és különböző lignocellulóz komponensek felhasználása). Ezek a témák a nem kidolgozott kategóriába tartoznak. Az 5. tézis publikációs háttere az előzőekhez képest gyenge, ez a tézis akár elhagyható lenne, az Értekezésben elég információ van a témákról. Az 1-4. Téziseket változatlan formában elfogadom.

**A doktori munka tudományos eredményeit elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez, javaslom a nyilvános védés kitűzését és sikeres védés esetén az MTA Doktora cím megadását.**

Budapest, 2012. 11. 08.

  
Békássyné Molnár Erika  
az MTA Doktora