

A bírálóbizottság értékelése

Koczkáné Csiszár Emília a textil biotechnológia területén végzett alkalmazott kutatási és fejlesztő munkát, melynek során biokémiai (enzimológiai), mikrobiológiai és műszaki tudományos ismereteket használt fel integrált módon a cellulózalapú textíliák a kor igényeinek megfelelő minőségben való előállítására.

A textil technológiai, műveleti jellegű munka a pamut és len textilipari enzimes előkészítését foglalja magába, ami a nem cellulóz kísérőanyagok (viaszok, pektinek, színes összetevők és lignin-tartalmú maghéjmaradványok) enzimekkel való eltávolítását jelenti. Erre a célra Csiszár Emília egyrészt a kereskedelemben 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. Másrészt az enzimes biokikészítés módosította a lenrost morfológiáját is, ami a kelmetulajdonságok kedvező változását eredményezte. Az időigényes, enzim-katalizálta folyamatok hatékonyságát megfelelő fizikai-kémiai módszerekkel (UH-besugárással és atmoszférikus hidegplazmával) történő előkezeléssel növelte, szisztematikusan kidolgozva a kezelések optimális paramétereit. A kisméretű ultrahangos kezelést alkalmazta a szilárd fázisú fermentációval termelt enzimek kinyerésének fokozására is. Munkájának mintegy „melléktermékeként” textilhulladékból cellulóz nano-kristályok előállítását is kidolgozta.

A textil biotechnológia szempontjából kiemelten fontos, új eredménynek tekinthető a xilanáz enzimek hatékonyságának felismerése a cellulóz alapú szálanyagok bioelőkészítésében, a szilárd fázisú fermentációval előállított enzim-komplexek hatékonyságának kimutatása a kombinált bioelőkészítés-biofehérítés folyamatban és a kisméretű ultrahang kezelés hatására bekövetkező változások vizsgálata. Munkájának eredményeként a korábbi víz-, vegyszer- és energiaigényes textilkikészítési technológiákat új, hatékonyabb és környezetkímélő biotechnológiai módszerekkel helyettesítette, melyek a végtermék tulajdonságait is javítják.

Eredményeinek nagy részét nem textilkémiai célokra szánt ipari enzim-komplexek alkalmazásával érte el, növelve azok alkalmazási területét. A kutatási eredmények gyakorlati alkalmazásával kapcsolatban jelentős eredményeket ért el a kisméretű ultrahangos kezelésnek a szilárd fázisú fermentációval előállított enzimek kinyerésében és a nanokristályos cellulóz előállításában, mely, pl. filmek készítésére használható.

A fenti álláspont alapján, áttekintve a Jelölt tudományos teljesítményét, megállapítható, hogy az tartalmában és számszerűségében is meghaladja az Kémiai Tudományok Osztálya által elvárt minimum követelményeket. Megállapítható továbbá az is, hogy az alkalmazott tudományos kutatások körébe tartozó innovatív, textil technológiai, textil biotechnológiai kutatások végzése, amelyek alapvető célja a természetes nyersanyag forrásból származó szálak feldolgozás technológiájának és a gyártás környezet terhelésének csökkentése, mindenképpen indokolt.

Koczkáné Csiszár Emília saját eredményeit 14 tézispontban foglalta össze, mindegyikhez rendelve legalább egy, rangos nemzetközi folyóiratban megjelent publikációt. Mivel a tézisekben feltüntetett új tudományos eredmények (T1-T14) nemzetközi folyóiratokban megjelent publikációkon alapulnak és nagy gyakorlati jelentőséggel bírnak, azokat mindhárom bíráló, változtatás nélkül elfogadta.

A nyilvános vitára kiküldött bizottság az alábbi tézispontokat fogadta el a Jelölt új tudományos eredményeként:

T1. Elsőként bizonyította, hogy a xilanáz enzimek hatékonyak a cellulóz alapú szálanyagok bioelőkészítésében. A xilanázok – hasonlóan a celluláz és pektináz enzimekhez – hidrofíli szálfelületet és jó nedvszívóképességű szövetet eredményeznek, amelynek a színegyenletessége kiváló. Bizonyította azt is, hogy a xilanázok katalizálják a pamutmaghéj lignocellulóz

rendszerében a xilánok hidrolitikus bontását és ezáltal elősegítik az enzimes kezelés után alkalmazott vegyszeres folyamatokban a lignin degradációját és eltávolítását. Ez utóbbit a visszamaradó pamutmaghéj világosodása is bizonyítja.

T2. Elsőként bizonyította, hogy a bioelőkészítés hatékonysága jelentősen növelhető az enzimoldathoz adagolt EDTA komplexképzővel. Bizonyította azt is, hogy az EDTA – a vizsgált koncentráció tartományban – nem csökkenti a hidrolitikus enzimek domináns (pektináz és xilanáz) aktivitásait. Az EDTA módosítja a szubsztrátum (lenszövet, pamutmaghéj) szerkezetét azáltal, hogy eltávolítja a pektin makromolekulák között keresztkötést létesítő kalcium-ionokat. Az enzim és az EDTA szinergizmusa révén az enzim-EDTA-szubsztrátum rendszerben az enzimkatalizált reakció is és a fémionextrakció is hatékonyabb. Igazolta, hogy komplexképző alkalmazásakor a pamutmaghéj enzimes degradációja, valamint a len bioelőkészítése eredményesebb.

T3. Elsőként bizonyította, hogy a szilárd fázisú fermentációval pamutmaghéj és lenrost szubsztrátumokon előállított szubsztrát-specifikus, hidrolitikus és oxidatív aktivitással rendelkező enzim-komplexe hatékonyak a pamutmaghéj és a len lignin-tartalmú kísérőanyagainak a degradációjában. A nyers enzimoldattal végzett kezelés a szubsztrátumok (pamutmaghéj, szövet) jelentős világosodását eredményezi. Ez alapján tehát bizonyította azt is, hogy a szilárd fázisú fermentációval termelt enzimek eredményesen alkalmazhatók a kombinált bioelőkészítés-biofehérítés folyamatban. A nyers enzimoldat hidrolitikus enzimejei a hidrofil szálfelület kialakításában, az oxidatív enzimek pedig a biofehérítésben vesznek részt. Igazolta, hogy a szilárd fázisú fermentációval nyert fermentumok közvetlenül is alkalmazhatók a bioelőkészítésben, és eredményességük felülmúlja az extrakcióval nyert nyers enzimoldatokét.

T4. Megállapította, hogy a hagyományos lúgos főzés során a pamutból eltávolított természetes kísérőanyagok mennyisége többszöröse a bioelőkészítéssel eltávolítható mennyiségnek. Anyagtudományi vizsgálatokkal bizonyította, hogy a bioelőkészítés során a pektin és a pamutviasz eltávolítása csak részleges, így a szálfelület egy részét a kezelést követően is viasz borítja. Csökken a szálfelület hidrofób jellege, ami a felületi energia és ezáltal a felületi szabadenergia diszperziós komponensének a növekedését eredményezi. A bioelőkészített pamut felületi szabadenergia értéke csak kismértékben marad el a lúgos főzöttétől és mindkét előkészítési mód jól nedvesedő szövetfelületet eredményez. A nyers pamuthoz képest jelentősebb elektrondonor jelleggel bír a viasz eltávolítását célzó enzimes és vegyszeres előkezelések után visszamaradó hidrofil szálfelület.

T5. Megállapította, hogy a cellulóz alapú szálanyagok színes kísérőanyagainak az eltávolításában a lúgos főzés eredményesebb, mint a bioelőkészítés, így a bioelőkészített szövet fehérsége elmarad a hagyományosan főzött szövet fehérségétől. A lúgos főzés és a bioelőkészítés után a szövetek között mérhető színkülönbség enyhe hidrogén-peroxidos fehérítés hatására jelentősen csökken, vagy eltűnik. Bizonyította, hogy a bioelőkészített lenszövet fehéríthetősége jobb, mint a lúgos főzött szöveté. A pektin enzimes eltávolítása a szálfelületről és a sejtközi állományból ugyanis a pórusszerkezet változását okozza és az oxidációs fehérítés vegyszereivel szemben megnövelt hozzáférhetőségű szálszerkezetet eredményez.

T6. Bizonyította, hogy a bioelőkészített szövetek az enzimes kezelés után, fehérítés nélkül színezhetők reaktív színezékekkel. A bioelőkészített és a hagyományosan főzött szövetek között a színezést követően mérhető színkülönbség a kiindulási szövetek között meglévő színkülönbség, valamint az alkalmazott színezékkoncentráció függvénye. Kis színezékkoncentrációk esetén a színkülönbség nagy és szemmel érzékelhető. A bioelőkészítés után alkalmazott enyhe hidrogén-peroxidos fehérítés jelentősen csökkenti a bioelőkészített és hagyományosan főzött szövetek között a színezést követően mérhető színkülönbséget.

T7. Bizonyította, hogy az enzimes kezelést is magában foglaló kombinált kikészítési technológia részfolyamatai a lenszövet (100 %) tulajdonságait jelentősen módosítják, a lentartalmú

(pamut/len és len-poliészter) szövetekre pedig mérsékelt a hatásuk. Az enzimes kezelés és a magas hőmérsékleten végrehajtott mechanikai kikészítés (törés) egymás utáni alkalmazása eredményes a szövetek esésének és fogásának a javításában, ugyanakkor lencszövet esetén jelentős szakítószilárdság csökkenést okoz. Az enzimes kezelésnek köszönhetően a szövetszín világosabb és kevésbé telített.

T8. Elsőként bizonyította, hogy a kisméretű ultrahang az ipari celluláz enzim szűrőpapír lebontó aktivitását csökkenti. Az enzimaktivitás az ultrahangos besugárzás intenzitásának és időtartamának a növelésével arányosan csökken. Reflektor alkalmazása a kisebb intenzitású ultrahangos besugárzás enzimaktivitásra gyakorolt hatását fokozza. Bizonyította azt is, hogy a kisméretű ultrahangos besugárzás lényegesen kisebb mértékben hat a szilárd fázisú fermentációval előállított nyers enzimek aktivitására, mint az ipari cellulázéra. Még az intenzív ultrahangos besugárzás sem módosítja a *T. virens* TUB-F498 törzssel termeltetett nyers enzimoldat szűrőpapírbontó, poligalakturonáz, lakkáz és lignin-peroxidáz aktivitását. Ugyanakkor – a besugárzás paramétereitől függő mértékben – csökken az *A. oryzae* NRRL 3485 által termelt nyers enzimkeverék lignin-peroxidáz aktivitása.

T9. Bizonyította, hogy a fehérített pamutcellulóz celluláz enzimes hidrolízise ultrahanggal besugározva – az ultrahang enzimaktivitás-csökkentő hatása ellenére – sokkal eredményesebb, mint a kontrollként szolgáló mágnesesen kevertetett rendszerben. A terméképződés sebessége függ a szubsztrátum formájától (őrölt, darabolt, lapszerű) és az ultrahangos kezelés paramétereitől. Bizonyította azt is, hogy a kisméretű ultrahang a szilárd fázisú fermentációval termelt nyers enzimekkel végzett kombinált bioelőkészítés-biofehérítés folyamat eredményességét is fokozza.

T10. Elsőként bizonyította, hogy az atmoszférikus hidegplazma kezelés, ami a pamut elemi szálak legkülső rétegének az erózióját okozza, növeli a szálfelület polimer alkotóinak (cellulóz, pektin) a hozzáférhetőségét az enzimek számára. A viaszréteg részleges degradációját követően kialakuló, oxigénben gazdag hidrofíl felületen a nyers pamut celluláz enzimes hidrolízisének inkubációs periódusa a felére csökken, a végtermék koncentráció pedig többszöröse a kontroll – nem plazmázott – szövetnél mért értéknek. A plazmakezelés hatására bekövetkező felületkémi és -morfológiai változások nem módosítják számottevő mértékben a szálanyag tömbi tulajdonságait.

T11. Bizonyította, hogy a plazmakezelés fokozza a keményítő irányag enzimes degradációját. A plazmakezelésnek köszönhetően az amiláz enzimmel végzett írtelenítés kezdeti szakaszában a keményítő hidrolízise nagy sebességgel megy végbe, az enzimoldat végső redukáló cukor koncentrációja azonban elmarad a nem plazmázott nyers szövet esetén mért értéktől. Ez utóbbi indirekt bizonyítéka annak, hogy a plazmakezelés csökkenti a nyers pamutszövet láncfonalait borító keményítő irányag mennyiségét. Mindkét folyamat hozzájárul a plazmakezelést követően alkalmazott enzimes írtelenítés időtartamának a jelentős csökkentéséhez.

T12. Bizonyította, hogy a GD-plazma argon atmoszférában eredményesebb a nyers lencszövet nedvesedőkéességének a javításában, mint a levegő-plazma. Kismértékben hatékonyabb a pektináz enzimmel végzett bioelőkészítés is az argon atmoszférában végrehajtott plazmakezelés után, mint levegő plazmagáz alkalmazásakor. A plazmakezelés a szövetszín megváltozását okozhatja. Az elszíneződés a plazmakezelést követően alkalmazott pektináz enzimmel végzett bioelőkészítés hatására megszűnik.¹³

T13. Elsőként bizonyította, hogy a kisméretű ultrahang, mint új és ígéretes "downstream" technika, alkalmas a szilárd fázisú fermentációval előállított nyers enzimek kinyerésének a hatékonyabbá tételére. A kisméretű ultrahangos besugárzásnak köszönhetően a szilárd fermentumok pufferes extrakciója során a nyers enzimoldat oxidatív és hidrolitikus enzimaktivitása többszörösére növelhető a kontroll extrakcióhoz (rázatott rendszer)

viszonyítva. A kismeghajtású ultrahang képes a fermentumok őrlésével már hatékonyabbá tett enzimextrakció, valamint a többlépcsős extrakció eredményességének a további fokozására is.

T14. Igazolta, hogy a kismeghajtású ultrahang jelentős szerepet játszik a cellulóz nanokristályok (CNC) előállítása és a CNC-szuszpenziók felhasználása során. A kavitáció elősegíti a savas hidrolízist követően a nanorészecskék kinyerését, és hozzájárul a CNC aggregátumok egyedi nanorészecskékre bontásához. Bizonyította, hogy az ultrahangos besugárzás időtartamának a növelésével csökken a nanokristályok aggregációja, és a kevésbé aggregálódott nanorészecskéket tartalmazó szuszpenziókból öntéssel és szárítással előállított CNC-filmek szakítószilárdsága és optikai tulajdonságai kedvezőbbek.