

**Nyugat-Magyarországi Egyetem  
Sopron**

Doktori értekezés tézisei

**Ipari cellulózok ojtathósága vinil-acetát monomerrel**

Borbély Endréné

**Sopron  
2003**

**Doktori Iskola:** Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák  
Doktori Iskola  
**Vezető:** Dr. Winkler András DSc

**Program:** Rosttechnikai Tudományok  
**Vezető:** Dr. Winkler András Dsc

**Tudományág:** Anyagtudományok és Technológiák

**Témavezető:** Dr. Erdélyi József DSc

## 1. BEVEZETÉS

A papírgépen a rostok nemezelődésével készült papír viselkedését – a papíripari segédanyagok fejlődése ellenére – elsősorban a cellulózrostok fizikai és kémiai tulajdonságai szabják meg. A papír-műanyag kombinációk előretörésével a papír számos, a rostok viselkedéséből adódó hátrányos tulajdonsága kiküszöbölhető.

**A papír-műanyag rendszerek kialakításának két alapvető módszere van:**

- a papírt, illetve a cellulózt kész műanyagokkal, vagy műanyag-féltermékekkel társítják. Ide soroljuk az olyan termékeket, mint a rétegelt papírok, a műanyaggal borított papírok, a mázanyagokkal bevont papírok, és a műanyaggal felületileg, vagy anyagában kezelt papírok. Ezekhez a kombinációkhoz fóliákat, latexeket, hőre keményedő műgyantákat, műanyagdiszperziókat, műanyagoldatokat és műanyagolvadékokat használhatunk.
- a papír - műanyag rendszerek kialakításának másik lehetősége az, hogy magát a cellulózt módosítjuk. Ez a módosítás történhet észterezéssel, alkilezéssel, nukleofil szubsztituációval, oxidációval illetve kopolimerizációval.

Mivel a cellulóz már maga is polimer szerkezetű, a cellulózból csak blokk-, vagy oldalági (ojtott) kopolimerek állíthatók elő. A cellulóz blokk kopolimerjeinek szintézise azonban nem alkalmazható széleskörűen a cellulóz kémiai módosítására, mivel lényegesen megváltoztatja a cellulóz fizikai szerkezetét.

A cellulózrost kémiai módosítása ojtásos kopolimerizációval azért nagy jelentőségű, mivel ennek a természetes makromolekulás anyagnak viszonylag kismennyiségű monomer ráojtásával számos új, előnyös tulajdonságot kölcsönözhetünk. **Az ojtásos kopolimerizáció** lehetővé teszi olyan ipari cellulózrostok előállítását, melyeket sikeresen lehet alkalmazni különleges, jelzett papírok gyártására, valamint **szintetikus papírok kötőrostjaiként való felhasználásra**.

## 2. A KUTATÓMUNKA ELŐZMÉNYEI

A cellulóz a természetben a legnagyobb mennyiségben előforduló megújuló nyersanyag, minél szélesebb körű alkalmazása iránt egyre fokozódik az igény. A különböző cellulóz származékok előállítása már a XIX. században megkezdődött, azonban ezekben a technológiákban a módosítás a cellulóz eredeti rostos szerkezetének megbontásával járt, ami nehezítette papíripari felhasználásukat. **Az ojtásos kopolimerizációval előállított, módosított cellulóz viszont megőrzi rostos jellegét**, ami igen nagy előny a felhasználás szempontjából.

Az ojtásos kopolimerizáció módszereinek irodalmi áttekintését elemezve megállapíthatjuk, hogy a reakció iniciálására a redox rendszerekkel történő iniciálás az a módszer, mely az iparban legkönnyebben megvalósítható. E módszerek közül az az eljárás látszik legjobbnak, amelyben a redukáló komponens szerepét maga a cellulóz tölti be, az oxidáló komponens pedig változó vegyértékű fém.

Az ojtási reakciót, az esetek többségében, a kutatók regenerált cellulózanyagokon, szálakon, filmekben folytatták le. Egyes esetekben cellulóz származékokat, elsősorban

cellulóz-észtereket és étereket használtak. A tisztított cellulózok és a gyapotcellulóz magas ára azonban szükségessé teszi az olcsóbb, ipari-technikai cellulózok ojtathóságának vizsgálatát.

Az ipari cellulózok ojtathóságára jelentős mértékben hat a feltárás, illetve fehérités során a rostanyagban visszamaradt lignin, mely a cellulóz ojtási reakciójában inhibitorként viselkedik, mivel késlelteti az ojtás megindulásához szükséges makrogyökök kialakulását. Az irodalmi közlemények arról számolnak be, hogy a lignin mennyiségének növekedésével nő a reakció indukciós periódusa.

Kevés közlemény foglalkozik a cellulóz fajlagos felületének ojtásra gyakorolt hatásával. Az ipari cellulózok kísérőanyagainak, hemicellulóz tartalmának és eredetének az ojtásos kopolimerizációra gyakorolt hatásával kapcsolatos közleményt nem találtam a téma irodalmában.

Az ojtásos kopolimerizációban keletkező gyökök vizsgálatával kapcsolatosan csak indirekt mérésekről találtam közleményt, a gyökök szuszceptibilitásának mérésén alapuló vizsgálatot a téma kutatói nem végeztek.

Magyarországon a Papíripari Vállalat Kutatóintézetében 1966-tól a cellulóz ojtásának papíripari vonatkozásaiban, a Textilipari Kutatóintézetben az ojtásos kopolimerizáció textilipari vonatkozásaival kapcsolatban folytak kísérletek.

A Budapesti Műszaki Főiskola Rejtő Sándor Könnyűipari Mérnöki Főiskolai Karának jogelődjén a Könnyűipari Műszaki Főiskola Papíripari Tanszékén 1974 óta foglalkozunk az ipari cellulóz vinil monomerekkel történő ojtásával.

### 3. A KUTATÓMUNKA CÉLJA

**Doktori munkám célja az irodalomban kevésbé tanulmányozott, vinil-acetáttal történő ipari cellulóz ojtás vizsgálata**, mellyel termoplasztikus felületi réteggel rendelkező ojtott facellulóz rostok előállítása válik lehetővé. Az **így előállított kötőrost (fibríd)** igen jól felhasználható szintetikus papírok gyártásához. A cellulóz-poli(vinil-acetát) kopolimer rostok felülete a 433-453 K hőmérséklet intervallumban megolvad, ezért fűtött kalanderen történő termosokk kezelés hatására alkalmas különböző szintetikus és mesterséges szálak, valamint cellulózzrost rögzítésére.

A mesterséges szálakból szálakból készült szövedékek ill. papírok felhasználási területe igen széles, kezdve a geotextiliáktól, a különleges mázolt nyomópapírokon át az eldobható papírpelenkákig. Az anyag eközben számos igénybevételnek van kitéve, mint például a mechanikai és kémiai hatások, fény vagy mikroorganizmusok okozta károsodások. Az adott hatásoknak ellenálló anyagok előállításához gondosan kell kiválasztani a rostanyagot és a gyártástechnológiát.

Ha a szintetikus papírt alkotó szálak anyagok között nem alakul ki megfelelő kötés, akkor termoplasztikus porok, szálak vagy kötőanyag diszperziók adagolása szükséges. A szál formájú kötőanyagok (másnéven fibridek) jól keverednek az egyéb rostokkal, mivel összetételükben, így tulajdonságaikban is hasonlóak azokhoz, amelyek összekötésére

használják őket. A kapcsolat kialakításának alapja az, hogy hő hatására a kötőrost szintetikus része megolvad, majd azt ezt követő megdermedés során a rostok között kapcsolat alakul ki.

**Vizsgálataimmal elsősorban azokra a kérdésekre igyekeztem választ kapni, hogy az ipari facellulózok ojtathatók-e vinil-acetáttal, és az ojtási reakció hogyan függ a cellulóz összetételétől és tulajdonságaitól.**

#### **4. A KUTATÓMUNKA GYAKORLATI MEGVALÓSÍTÁSA**

Kísérleti munkám első részében az ojtásos kopolimerizáció a felhasználás szempontjából legmegfelelőbb paramétereinek kiválasztásával foglalkoztam.

Az irodalomban már tanulmányozott iniciálási módszerrel, Ce(IV)só segítségével vinil-acetátot ojtottam fehéritett cellulózra és **vizsgáltam az ojtási reakció hozamának függését az alkalmazott reakciókörülményektől**, azaz a hőmérséklettől, a reakcióidőtől, a monomerkoncentrációtól, az iniciátorkoncentrációtól és a fürdőaránytól.

Munkám következő részében az **ojtási reakciónak a felhasznált ipari cellulózok összetételétől és tulajdonságaitól való függésének tanulmányozásával foglalkoztam**. Vizsgáltam a cellulóz lignintartalmának, hemicellulóz tartalmának és fajlagos felületének hatását az ojtásos kopolimerizációra.

A megfelelő reakcióparaméterek kiválasztását **a reakció sebességének és aktiválási energiájának tanulmányozása követte**.

Ezután a cellulóz gyökös kopolimerizációjában szerepet játszó **szabad gyökök képződését, majd az egész kopolimerizációs folyamatnak az elemzését végeztem el a mágneses szuszeptibilitás változásának követésével**.

Az előállított ojtott kopolimert infravörös spektroszkópia, termikus analízis és mikroszkópos felvételek segítségével vizsgáltam.

Végül munkám befejező részében az ojtott kopolimer kötőrost és szintetikus vágottrost keverékekből készült **lapszerkezetek mechanikai tulajdonságait mértem a papíriparban alkalmazott szabványos körülmények között**.

#### **5. A KUTATÓMUNKA EREDMÉNYEI**

A gyakorlati felhasználásra legalkalmasabb kötőrost előállításának reakcióparaméterei közül elsőként a megfelelő **hőmérséklet kiválasztását** végeztem el a 293-333 K hőmérséklettartományban. Az eredményekből megállapítható, hogy a reakcióban a hozam a hőmérséklet emelésével nő, a hőmérsékletnek 323 K-ról 333 K-ra történő emelése azonban az ojtott termék mennyiségében csak néhány százalékos növekedést eredményez, ezért a reakció ipari megvalósítására a 323 K hőmérsékletet javaslom.

Hasonló tendencia figyelhető meg **reakcióidő vizsgálatánál**, melyhez 5 - 60 perces reakcióidő tartományban mértem az ojtás hozamát. Méréseim szerint az ojtott termék mennyisége az alkalmazott reakcióidő növelésével nő, de már 30 perc után kezd a növekedési

görbe ellaposodni, és a reakcióidőnek 40-ről 60 percre történő növelése már csak kismértékű hozamnövekedést eredményez. Ezért a kötőrost előállítására a gyakorlatban a 40 perces reakcióidő alkalmazását ajánlom.

Az **alkalmazandó iniciátorkoncentráció megállapítása** céljából a  $10^{-3}$ - $5 \cdot 10^{-3}$   $\text{mól/dm}^3$  Ce(IV)ammónium-szulfát koncentráció tartományban mértem az ojtásos kopolimerizáció hozamát. Legnagyobb értéket a  $2 \cdot 10^{-3}$   $\text{mól/dm}^3$  iniciátorkoncentráció beállítása esetén tapasztaltam, ennél alacsonyabb iniciátorkoncentrációnál valószínűleg nem alakul ki megfelelő mennyiségű gyök, a magasabb koncentráció viszont a primer rekombináció sebességét növelheti meg. Ennek alapján az ojtásos kopolimerizáció ipari megvalósításánál a  $2 \cdot 10^{-3}$   $\text{mól/dm}^3$  Ce(IV)ammónium-szulfát koncentráció alkalmazását javaslom.

A vinil-acetát **monomer koncentrációjának hatását** az ojtásos kopolimerizáció hozamára a  $0,25$ - $2,00$   $\text{mól/dm}^3$  koncentráció tartományban **vizsgáltam** és megállapítottam, hogy a reakció hozama  $1,00$   $\text{mól/dm}^3$  monomerkoncentráció értékig nő, e felett azonban csökkenés tapasztalható, amit valószínűleg a láncátadási reakciók számának arányos növekedése okoz. Legmegfelelőbbnek az ojtásos kopolimerizáció megvalósítására az  $1,00$   $\text{mól/dm}^3$  vinil-acetát koncentráció alkalmazását tartom.

**Az ojtási reakció hozamának a fürdőarányal való összefüggését vizsgálva** megállapítható, hogy növekvő fürdőarányal 200-as fürdőarány eléréséig rohamosan nő a hozam, e felett viszont már csökkenés tapasztalható. Feltételezhetően itt már a túlságosan nagy elegytérfogat hat kedvezőtlenül a reakcióra. Mivel a 100-nál nagyobb fürdőarányal előállított ojtott termék már ragacsos, nehezen feldolgozható, lapképzésre alkalmatlan, gyakorlati felhasználásra a 100-as fürdőarány alkalmazását javaslom.

Az ojtásos kopolimerizáció megfelelő paramétereinek megállapítása után az ipari cellulóz lignintartalmának, hemicellulóz tartalmának és őrlésfokának, illetve fajlagos felületének az ojtási reakció hozamára gyakorolt hatását vizsgáltam a korábbi kísérleteim alapján kiválasztott reakciókörülmények alkalmazásával.

Az ipari cellulóz ojtathóságát befolyásolja a feltárás, illetve fehérités során a rostanyagban maradt lignin mennyisége, amely a reakcióban inhibitorként viselkedik, mivel késlelteti az ojtás megindulásához szükséges makrogyökök kialakulását. A kopolimerizációs reakciónak **a cellulóz lignintartalmától** való függését fehéritetlen cellulóz ojtásával **vizsgáltam**, melynek lignintartalmát 5 lépcsőben csökkentettem nátrium-hipoklorit oldattal történő kezeléssel. Megállapítottam, hogy 2 %-nál kevesebb lignint tartalmazó ipari cellulóz esetén vinil-acetát monomerral kielégítő mértékű ojtás érhető el. A lignin inhibeáló hatásának vizsgálatához 12 % lignintartalmú fehéritetlen cellulózt is ojtottam a 0-120 perces reakcióidő tartományban. A lignin inhibeáló hatása miatt indukciós periódussal indul az ojtási reakció, melynek időtartama ennél a lignintartalomnál alapján 70-80 perc között van.

A papíriparban felhasznált cellulózrostok szénhidrát (holocellulóz) tartalmának a tiszta alfacellulóz mellett található hemicellulóz része is befolyásolja az ojtathóságot. **A hemicellulóz tartalomnak az ojtási reakcióra gyakorolt hatását** 5 fajta, különböző hemicellulóz tartalmú fehéritett cellulóz ojtásának megvalósításával **vizsgáltam**. Mivel a különböző cellulózos eltérő fajlagos felülete is befolyásolja az ojtathóságot, minden esetben elvégeztem az egyes cellulózfajtákból kinyert alfacellulóz rész ojtását is a hemicellulóz hatását jellemző tendencia ellenőrzése céljából. Megállapítottam, hogy a hemicellulóz

növekvő mennyisége hozamnövelő hatású, amit az is bizonyít, hogy a hemicellulóz részt az ipari cellulózból eltávolítva, a kapott alfacellulóz ojtathatósága alatta marad a hemicellulózt is tartalmazó ipari cellulóz ojtathatóságának. Ez a hemicellulóz nagyobb reakciókészségével, jobb hozzáférhetőségével magyarázható.

A cellulóz **fajlagos felületének az ojtási reakcióra gyakorolt hatását** fehérített szulfát fenyőcellulóz felhasználásával **vizsgáltam**, melyet a 10 - 60 perc őrlési idő tartományban őröltem és az őrölt cellulózmintákat ojtottam vinil-acetáttal. A cellulózzrostok külső fajlagos felületének meghatározásához munkámban a viszonylag gyors és pontos kolloid-kongó színezék adszorpciós módszert használtam. Az ojtási reakció hozama a 4,41 m<sup>2</sup>/g fajlagos felületű cellulóz ojtásánál volt a legnagyobb, melyet a cellulóz 35 perces őrlésével értünk el. Kísérleteim eredményei szerint az őrlési idő további növelése hozamcsökkenéssel jár, mert azonos iniciátorkoncentráció alkalmazása esetén a fajlagos felület rohamos növekedésével csökken a felületegységre eső gyökök száma. Ezt alátámasztja az a tény, hogy megnövelve az iniciátorkoncentrációt, az ojtási reakció maximális hozama nagyobb fajlagos felületű (8,512 m<sup>2</sup>/g) cellulóz ojtásánál jelentkezett

Az **ojtási reakció kinetikájának tanulmányozásához** az 5-60 perc reakcióidő-tartományban 293, 303, 313 és 323 K hőmérsékleten végeztem cellulóz ojtást. Az eredményekből az egyes hőmérséklettartományokban **átlagos aktiválási energiaértékeket számoltam** a közelítő számításokra alkalmas Arrhenius-egyenlet segítségével. A kapott eredmények szerint a várakozásnak megfelelően, növekvő hőmérséklettel csökken a reakció átlagos aktiválási energiája.

A folyamat kinetikájának vizsgálatát megnehezíti az a tény, hogy – amint azt már említettem – a reakció bonyolult heterogén rendszerben folyik, így a kémiai reakció kinetikáján kívül bizonyos makrokinetikai, a fázisok közötti anyagátadás sebességét érintő tényezők is hatással lehetnek a reakció bruttó sebességére. A paraméterek vizsgálatához végzett kísérletek eredményeiből **kiszámoltam a reakció bruttó sebességét** az indukciós periódus eltelte után a 20-60 reakcióidő tartományban és a kapott görbék elemzésével meghatároztam a sebesség időbeli változásának egyenleteit, melyek a következők:

293 K hőmérsékleten:	$v = 2,32114 \cdot 10^{-5} t^2 - 0,00269 t + 0,09354$
303 K hőmérsékleten	$v = 2,45545 \cdot 10^{-5} t^2 - 0,00283 t + 0,09528$
313 K hőmérsékleten	$v = 2,66932 \cdot 10^{-5} t^2 - 0,00298 t + 0,09543$
323 K hőmérsékleten	$v = 3,04886 \cdot 10^{-5} t^2 - 0,00336 t + 0,10166$

Ábrázolva a rendszer pillanatnyi monomerkoncentrációjának reciprokát a reakcióidő függvényében, megállapítható, hogy **a mind a négy vizsgált hőmérsékleten lineáris a függvény, mely annak bizonyítéka, hogy a bruttó reakció másodrendű.**

Az ojtásos kopolimerizációban résztvevő **szabad gyököket a mágneses szuszeptibilitás változásának mérésével** vizsgáltuk az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetének mágneses laboratóriumában lévő szuszeptibilitás-mérő berendezéssel. A reakcióban részt vevő anyagok mágneses szuszeptibilitásának meghatározása után a módszerrel kinetikai vizsgálatokat végeztünk.

Mivel esetünkben az alacsony polimerizációs sebesség következtében lényeges kopolimerizáció nem tudott végbemenni, így a kopolimer keletkezéséből adódó negatív irányú szuszeptibilitás változás nem kompenzálta a szabadgyök képződés, ill. a  $Ce^{4+} \rightarrow Ce^{3+}$

átalakulásból származó pozitív irányú változást, így megállapítható, hogy a **mágneses szuszceptibilitás mérése alkalmas a cellulóz vinil-acetáttal történő ojtásánál keletkező szabad gyökök vizsgálatára**. Az ojtásos kopolimerizáció mágneses szuszceptibilitás változásának mérésével lefolytatott vizsgálatok eredményei teljes mértékben alátámasztják a kémiai mikrokinetikai vizsgálatok eredményeit.

Az **ojtott termék termikus és infravörös spektroszkópiás vizsgálata** igazolta a reakcióban a cellulóz-poli(vinil-acetát) kopolimer keletkezését. A **polarizációs mikroszkóp segítségével készült felvételeken jól látható**, hogy az ojtott cellulóz a felületére kötődött jelentős mennyiségű poli(vinil-acetát) agglomerátumot tartalmaz, melynek szerepe a fibrídként való felhasználásban jelentős. A **Scanning elektronmikroszkópos felvételeken szintén megjelennek** a cellulózrostokon elhelyezkedő szintetikus részek. A felvételeken az is jól látható, hogy az ojtott rost hőkezelése során a rostfelületre kötődött termoplasztikus réteg megolvad, így alkalmas kapcsolat létesítésére a szintetikus papír szerkezetében található cellulóz- és szintetikus rostok között.

A **kísérleti papírok mechanikai vizsgálatait** a papíripari szabványok által előírt módszerekkel végeztük el, meghatározva a száraz és nedves szakítószilárdságot, a szakítási mutatót, a szakítási nyúlást, a merevséget és a kettőshajtogatási számot. A kísérleti papírok mechanikai vizsgálatai azt bizonyítják, hogy a vinil-acetáttal ojtott cellulóz kopolimer **fibrídként használva alkalmazható szintetikus papírok gyártásához**.

## 6. TÉZISEK

1. Vizsgálataim alapján megállapítottam, hogy az ipari cellulóz ojtása vinil-acetát monomerrel cérium(IV)-ammónium-szulfát iniciátorral megvalósítható.

Az általam vizsgált szulfátcellulóz esetén a gyakorlati felhasználásra legalkalmasabb kötőrost előállításának reakcióparaméterei a következők:

- hőmérséklet: 323 K
- reakcióidő: 40 perc
- monomerkoncentráció: 1 mol/dm<sup>3</sup>
- iniciátorkoncentráció: 2·10<sup>-3</sup> mol/dm<sup>3</sup>
- fürdőarány: 100 cm<sup>3</sup>/g cellulóz

2. Az ojtásos kopolimerizáció hozama függ az ipari cellulóz lignintartalmától, a lignin a reakcióban inhibitorként viselkedik. Megállapítottam, hogy az ipari cellulóz vinil-acetáttal történő ojtásánál megfelelő hozam csak 2 %-nál kisebb lignintartalmú cellulózrost alkalmazása esetén érhető el. Az ipari cellulóz lignintartalma következtében az ojtásos kopolimerizáció indukciós periódussal indul, melynek időtartama 12 % lignintartalom esetén 70-80 perc között van.
3. Megállapítottam, hogy az ipari cellulóz hemicellulóz tartalma növeli az ojtásos kopolimerizáció hozamát, mely utóbbi nagyobb reakciókészségével és hozzáférhetőségével magyarázható. A hemicellulóz részt az ipari cellulózból eltávolítva a kapott alfacellulóz ojtathatósága alatta marad a hemicellulózt is tartalmazó ipari cellulóz ojtathatóságának.

4. A vizsgált reakció esetén a fajlagos felület növekedése egy adott határig szintén növeli a reakció hozamát, a vizsgált cellulóznál maximális tömegnövekedést 4,41 m<sup>2</sup>/g külső fajlagos felület esetén értem el. Kísérleteim eredményei szerint az őrlési idő további növelése hozamcsökkenéssel jár, mert azonos iniciátorkoncentráció alkalmazása esetén a fajlagos felület rohamos növekedésével csökken a felületegységre eső gyökök száma. Ezt alátámasztja az a tény, hogy megnövelve az iniciátorkoncentrációt, az ojtási reakció maximális hozama nagyobb fajlagos felületű (8,51 m<sup>2</sup>/g) cellulóz ojtásánál jelentkezett.
5. A folyamat kinetikájának vizsgálata során megállapítottam, hogy az ipari cellulóz vinil-acetát monomerrel történő ojtásának bruttó reakciója másodrendű, amit az bizonyít, hogy a rendszer pillanatnyi monomerkoncentrációjának reciproka az idő függvényében ábrázolva lineáris függvény. Az egyenesek meredeksége, tehát a reakciósebesség a 293-323 K hőmérséklet-tartományban növekvő hőmérséklettel nő, a reakció átlagos aktiválási energiája pedig csökken.
6. A mágneses szuszceptibilitás mérése kis reakciósebesség esetén alkalmazható a cellulóz vinil-acetáttal történő ojtásánál keletkező szabad gyökök vizsgálatára.
7. A vinil-acetáttal ojtott cellulózzrost kötőrostként (fibriddként) felhasználható szintetikus papírok gyártásához, amit a lapszerkezeti vizsgálatok eredményei is igazolnak.

## 7. A KUTATÁSI TÉMÁVAL KAPCSOLATOS PUBLIKÁCIÓIM JEGYZÉKE

1. Erdélyi J.- **Székely É.**- Haman Á.: Termoplasztikus felületi réteggel rendelkező ojtott cellulóz - kopolimer előállításának optimalizálása, Papíripar, 1979. 6. p. 212-215.
2. Erdélyi J. - **Székely É.**: Ipari cellulóz ojtás néhány mikro- és makrokinetikai tényezőjének vizsgálata, Papíripar, 1980. 4. p. 129-132
3. Erdélyi J.- Sinkáné Király A. - **Borbélyné Székely É.**: Tülevelű és lombosfák cellulózainak ojtathatósága vinil-acetáttal és akrilnitrillel, Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények, 1984. 12. p.147-153.
4. Erdélyi J.- Zara L.- Hell Z.- **Borbély E.**: Ipari cellulóz ojtása Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> redox rendszer segítségével(I), Papíripar, 1994. 3. p.91-92.
5. Erdélyi J.- Zara L.- Hell Z.- **Borbély E.**: Ipari cellulóz ojtása Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> redox rendszer segítségével(II), Papíripar, 1994. 5. p.177-178.
6. Borsa J.- **Borbély E.**- Cserjési A.: Facellulóz részleges karboxi-metilezése szabályozott hatóanyagleadású cellulóz-pesticid rendszer előállítására.(I) Papíripar, 1995. 1-2. p.6-10.
7. **Borbély E.**- Borsa J. - Cserjési A.- Ozvaldik G.: Facellulóz részleges karboxi-metilezése szabályozott hatóanyagleadású cellulóz-pesticid rendszer előállítására.(II), A módosított rost őrlhetősége, lapjellemzők, Papíripar, 1995. 3. p.63-66.

8. Zara, L. – Erdélyi, J.- Hell, Z. - **Borbély E.**- Rusznák I.: Grafting of industrial cellulose pulp using the Fe(II) - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> redox system as initiator, Tappi Journal, 1995. 11. p.131-134.
9. Cserjési A.- Klinga R.- **Borbély E.**- Borsa J.: Facellulóz részleges karboxi-metilezése szabályozott hatóanyagleadású rendszer előállítására (III), A módosított rost hatóanyagmegkötő és leadó képessége, Papíripar. 1996. 1. p.14-16.
10. **Borbély E.**- Borsa J - Cserjési A.: Facellulóz részleges karboxi- metilezése szabályozott hatóanyagleadású cellulóz-pesticid rendszer rendszer előállítására, A reakcióparaméterek hatása a módosított rost hozzáférhetőségére, KMF Tudományos Közlemények, p 29-34.
11. **Borbélyné Székely Éva** - Erdélyi József – Isépy Zsuzsa (2003): Cellulóz vinil-acetáttal történő ojtásánál keletkező szabad gyökök vizsgálata, Papíripar, 2003. 2. p 46-53.
12. **Borbély, E.**- Erdélyi, J.: Grafting of Industrial Cellulose Pulp with Vinyl-acetate Monomer by Ceriv Ion Redox System as Initiator, Acta Politechnica, 2003. 1. p. 25-36.
13. **Borbély, E.**- Erdélyi, J.: Graft Copolymerization of Cellulose Pulp with Vinyl-acetate Monomer (megjelenés alatt)

#### **A KUTATÁSI TÉMÁVAL KAPCSOLATOS ELŐADÁSAIM**

1. Székely É.: A reakcióparaméterek hatása a cellulóz vinil-acetáttal történő ojtására, KMF Tudományos Ülésszak 1980.
2. Borbélyné Székely É.: A cellulóz ojtásos kopolimerizációja vinil-acetáttal szintetikus papír előállítása céljából, MTA Természetes Polimerek Munkabizottsága előadás, 1984.
3. Borbélyné Székely É.: A cellulóz kémiai módosítása ojtásos kopolimerizációval, KMF Tudományos Ülésszak 1985.
4. Borbélyné Székely É. Ipari cellulóz ojtás néhány mikro- és makrokinetikai tényezőjének vizsgálata, KMF Tudományos Ülésszak 1988.
5. Borbélyné Székely Éva. : Ipari rostcellulóz ojtása Fe(II) - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> redox rendszer segítségével. MTA Természetes Polimerek Munkabizottsága előadás, 1995.
6. Borbélyné Székely É.: Szabad gyökök vizsgálata cellulóz vinil-acetáttal történő ojtásánál, BMF Tudományos Ülésszak 2002.

## 8. A KUTATÁSI TÉMÁHOZ NEM KAPCSOLÓDÓ FONTOSABB PUBLIKÁCIÓIM ÉS ELŐADÁSAIM

1. **Borbély E.**-Erdélyi J.-Sinkáné Király A: Diszperziós ragasztóanyagok vizsgálata és hazai előállítása, Magyar Grafika, 1986. 5-6. p. 99-103.
2. **Borbély E.** - Erdélyi J. - Kerekes T.: Csomagolástechnológus üzemmérnökök képzése a Könnyűipari Műszaki Főiskolán, Anyagmozgás-és Csomagolás 1989. 4.p. 108-110.
3. **Borbély E.:** 20 éves a Könnyűipari Műszaki Főiskola, Papíripar, 1992. 6. p. 250-252.
4. **Borbély E.:** Változások a felsőfokú papíripar szakemberek képzésében, Papíripar, 1994. 3. p. 99-104.
5. **Borbély E.:** A papíripari és a csomagolástechnológus mérnökképzés jelenlegi helyzete Magyarországon, Csomagolástechnológus Szakmai Nap, Könnyűipari Műszaki Főiskola. Budapest. 1997. okt. 17.
6. **Borbély E.**-Tiefbrunner A.: A csomagolás információhordozó szerepének oktatási kérdései. Logisztikai Oktatói Konferencia. Széchenyi István Főiskola, Győr. 1997. okt.31.
7. **Borbély E.**-Erdélyi J.: A papír-és nyomdaipari felsőfokú képzés korszerűsítése az Európai Unióhoz való csatlakozás kapcsán. MTESZ Papír-és Nyomdaipari Műszaki Egyesület Jubileumi Nemzetközi Szimpózium. Budapest. 1998. márc. 20.
8. **Borbély E.**-Tiefbrunner A (1999): Élelmiszeripari csomagolóanyagok transzfer tulajdonságainak vizsgálata, Gyöngyöspack Csomagolástechnikai és Élelmiszeripari Konferencia 1999. aug.19.
9. **Borbély E.**-Tiefbrunner A.- Varga József.: Az optimális csomagolás műszaki - gazdasági feltételei és számítástechnikai alkalmazási lehetőségei a tervezési folyamatban. Logisztikai Évkönyv '99. Magyar Logisztikai Egyesület. p.11-20.
10. Hufnagl, Sz.- Hufnagl, L.- Fehér, J. - **Borbély E.:** UV - besugárzás hatása talkummal töltött polipropilén fóliák szakítószilárdságára. Műanyag és Gumi, 1999.12. p. 394-401.
11. **Borbély E.**- Tiefbrunner A: Élelmiszeripari csomagolóanyagok transzfer tulajdonságainak vizsgálata. VII. Nemzetközi Agrárökonómiai Tudományos Napok. Szent István Egyetem Gazdálkodási és Mezőgazdasági Főiskolai Kar Kiadványa, p. 149-154.
12. **Borbély, E:** Elaborating a Modular Curriculum Applying Mathematical Methods with Respect to the Requirement of Labour Force. MicroCAD 2000. International Computer Science Conference. February 23-24, 2000. University of Miskolc. Section R: Humanities, p. 7-12.

13. **Borbély E.:** Papíriparral kapcsolatos kutatások a BMF Csomagolás-és Papírtechnológiai tanszékén, Papíripar, 2000. 5. p. 12-21.
14. **Borbély E.:** Csomagolástechnológus mérnökök képzése a BMF-en. Nyomtatott csomagolás szimpózium, MTESZ Papír-és Nyomdaipari Műszaki Egyesület. Békéscsaba, 2001. március 22-23.
15. **Borbély, E.:** Motivation of Students in Choosing Curricular Modules, MicroCAD 2001. International Computer Science Conference. March 1-2. 2001. University of Miskolc. Section R: Humanities, p.7-12.
16. **Borbély, E. - Tiefbrunner A:** Műanyag csomagolóanyagok transzfer tulajdonságainak törvényszerűségei, Műanyag és Gumi, 2004. 2. p. 394-401.

