

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**NAGYENERGIÁJÚ SUGÁRZÁS ÉS
LÚGOS KEZELÉS HATÁSA A
CELLULÓZ TULAJDONSÁGAIRA**

Készítette:
FÖLDVÁRY CSILLA MAGDOLNA

Témavezető:
DR. TAKÁCS ERZSÉBET
PROF. DR. HORVÁTH ATTILA

MTA KK Izotóp- és Felületkémiai Intézet
Veszprémi Egyetem

Készült a Veszprémi Egyetem Doktori Iskola
FK2 Fizikai Kémiai program keretében

2003

Bevezetés, előzmények

A cellulóz mint természetes polimer önmagában, és más – mesterséges – anyagokkal társítva is egyre nagyobb helyet kap életünkben, felhasználásának széles köre tovább bővül. Annak ellenére, hogy alapanyagaink között a cellulóz jelentősége már ismert, a témával foglalkozó szakirodalom helyenként ellentmondó.

A textiliparban feldolgozott pamutcellulózt több lépésben vetik alá mechanikai, kémiai kezelésnek, míg a kívánt minőségű terméket megkapják. Mivel az ipari feldolgozás során nagy mennyiségű vegyszert használnak fel, célszerű új cellulózzaktiválási módszereket és hasonló hatású, de hatékonyabb kémiai szereket keresni. Nagyenergiájú sugárzás hatására a cellulóz reaktívabb lesz, a cellulózban láncszakadások, gyűrűfelfnyílások következnek be, valamint a kristályos tartományban hibahelyek keletkeznek. A lánctördelődések, gyűrűfelfnyílások következtében makrogyökök keletkeznek és megnő a láncvégi karbonilcsoportok mennyisége. A nagyenergiájú sugárzás cellulózra gyakorolt hatását elsősorban a cellulóz ojtásához használják fel, a szakirodalomban kevesen foglalkoznak a sugárzás degradáló hatásával, és az előkezelésként alkalmazott sugárzásnak a kémiai kezelések hatásfokát növelő hatásával.

A kutatási munka célja volt a γ - és az elektronsugárzás hatására a pamutcellulózból végbemenő változások összehasonlítása, a NaOH-oldatos kezelés (mercerezés) hatásfokának meghatározása, sugárzásos előkezelés alkalmazása mellett, valamint a mercerezési lépés hatékonyabbá tétele, új mercerezőszer bevezetésével. A kísérletekhez egyféle alapanyagot használtam, amelynek fizikai és kémiai változásai a XXI. század elején létező, fejlett technikai lehetőségeket kihasználva, azonos körülmények között kerültek meghatározásra. Az eredményeket

helyenként – az összehasonlítás kedvéért – más alapanyaggal, más készülékeken végzett kísérletekkel egészítettem ki.

Kísérleti módszerek

A pamutcellulózt ^{60}Co γ -sugárzásával illetve lineáris elektrongyorsítóval, levegőn, ritkábban nitrogén atmoszférában, szobahőmérsékleten sugároztam be, majd a szöveteket lúgozásnak tettem ki. A cellulózban lejátszódó degradációt polimerizációfok méréssel, a szabad karbonil- illetve karboxilcsoportok FTIR spektroszkópiás meghatározásával, tömegméréssel, UV-VIS spektroszkópiával határoztam meg. A lúgos kezelés hatására lejátszódó kristályszerkezet változást röntgendiffrakciós méréssel és FTIR spektroszkópiával követtem nyomon. A cellulózban lejátszódó változásokról sztereomikroszkópos és elektronmikroszkópos felvételeket készítettem.

Új tudományos eredmények, tézispontok

1. **A cellulóz degradációja már kis dózisu besugárzásnál is jelentkezik.** A szakirodalom ellentmondásosan vélekedett a degradáció megindulásához szükséges dózis nagyságáról. A végrehajtott kísérletek azt mutatták, hogy viszkozimetriás polimerizációfok méréssel a degradáció már 1 kGy dózisinál kimutatható.
2. **Az oxigén jelenléte nem befolyásolja a cellulózban sugárzás hatására végbemenő polimerizációfok változást.** Az irodalmi adatok többségével megegyezően azt tapasztaltam, hogy a cellulózszövet nitrogén atmoszférában történt besugárzása hasonló mértékű polimerizációfok csökkenést eredményezett, mint a levegőn végzett besugárzás esetén, de az irodalmi adatok ellentmondók, helyenként ennek ellenkezője olvasható.

3. **Vizes közegben azonos dózissal besugározva a cellulózt, nagyobb mértékben degradálódik, mint levegőn végezve a kezelést.** Az irodalmi adatok között van, ahol szilárd állapotú, és van, ahol oldatban végzett besugárzást követően tapasztaltak nagyobb mértékű degradációt. Megállapítottam, hogy a cellulózt oldószerébe (CUEN) téve – amelyben először duzzad, majd oldódik – a polimerizációfok csökkenés üteme közel kétszerese, ahhoz képest, ami levegőn végzett besugárzással kapható.
4. **Besugárzás hatására a láncvégi, szabad karbonilcsoportok koncentrációja jelentősen nő, míg a karboxilcsoportok mennyiségében enyhe emelkedést találhatók,** FTIR spektroszkópiával végezve a meghatározást. A karbonilcsoportok koncentrációjának növekedése az irodalmi adatok szerint a láncördelődések és a gyűrűfelylítások következménye, míg a karboxilcsoport-koncentráció változásáról nem található irodalmi utalás.
5. **Lúgos kezelés hatására a láncvégi karbonilcsoportok karboxilcsoportokká alakulnak át.** Lúgos kezelést követően a karboxilcsoportokhoz rendelhető, FTIR spektroszkópiával mért abszorbancia erős növekedést, míg a karbonilcsoport tartalom csökkenő tendenciát mutat a sugárzási dózis és a NaOH-oldat koncentrációjának függvényében egyaránt. A cellulóz degradációjáról szóló közleményekben nem találtam adatot a lúgozás hatására keletkező karboxilcsoportok mennyiségéről.
6. **γ -sugárzás hatására jóval nagyobb a karbonilcsoport képződés, mint ami elektronsugárzás esetén tapasztalható,** FTIR spektroszkópiával végezve a meghatározást. A γ -sugárzásnak kisebb a dózisteljesítménye, így azonos sugárzási dózis eléréséhez hosszabb idejű besugárzás szükséges, ezzel lehetővé válik a diffúzió útján odajutó oxigén reakciója. A szakirodalomban a kétféle sugárzás azonos kémiai hatása

olvasható, de a kétféle sugárzás összehasonlításával, a képződött karbonilcsoportok mennyiségére vonatkozólag, nem találkoztam.

7. **A sugárzásos kezelés ideje alatt a cellulóz veszít a tömegéből.**
Az irodalomban gáznemű degradációs termékek távozásáról írnak, de nem hozzák összefüggésbe a kiindulási anyag tömegveszteségével. A tömegveszteség folyamatosan nő a sugárzási dózis növelésével.
8. **A $3,75 \text{ mol dm}^{-3}$ koncentrációjú NaOH- és a TMAH (tetrametil-ammónium-hidroxid)-oldat a sugárzás hatására keletkezett molekulákat old ki.** 100 kGy dózisú besugárzást követően, a cellulóz tömegvesztesége 5 perc időtartamú lúgos kezelés hatására jóval nagyobb, mint a besugárzás hatására, lúgozás nélkül végbemenő tömegváltozás. A szakirodalom a lúgozás hatására bekövetkező tömegváltozással nem foglalkozik.
9. **A lúgoldatok által kioldott anyag mennyisége nő a sugárdózis, a lúgkoncentráció és a lúgozási idő függvényében is,** amint azt tömegméréssel igazoltam. Ezeket az eredményeket az UV-VIS-spektroszkópiás mérések is alátámasztják. A kioldott anyagok UV-VIS-spektrumaiban a besugárzott szénhidrátokra jellemző hullámhosszúsnál az előzőeknek megfelelően az említett változók függvényében abszorbancia növekedés tapasztalható, ami az aldehid és keton csoport $n-\pi^*$ átmenetéhez rendelhető. A kioldott anyagok pontos izolálása és azonosítása még folyamatban van. A kezelések után visszamaradt lúgoldatok abszorbanciájának dózis illetve lúgkoncentráció függésre nem találtam irodalmi adatot.
10. **A TMAH jobb duzzasztószernek bizonyul a NaOH-oldatnál.** A TMAH által jobban megduzzasztott szövetből több degradációs termék képes kioldódni, így a TMAH-oldatos kezelés hatására bekövetkező tömegveszteség minden mért pontnál nagyobb, mint NaOH-os kezelés esetén.

11. **300 kGy dózisú besugárzás alatt, lúgos kezelést nem használva, a cellulózban nem tapasztalható kristálmódosulát-változás.** A szakirodalomban található adatokkal egyezést mutat az a megállapítás, hogy sugárzásos előkezelés hatására nem megy végbe a cellulóz I átalakulása cellulóz II-vé. 1000 kGy feletti, nagy dózisú besugárzás esetén a kristályossági fok csökken, a cellulóz amorf tartalma növekedést mutat, de cellulóz II kristálmódosulat ebben az esetben sem mérhető.
12. **A sugárzásos előkezelés elősegíti a lúgoldat hatására lejátszódó kristálmódosulát-változást.** A cellulóz II tartalom folyamatos növekedést mutat a sugárdózis és a lúgkoncentráció növelésével is. A cellulóz II tartalom dózis- illetve lúgkoncentráció-függésével kapcsolatos irodalmi adatok a cellulóz II képződéséhez szükséges minimális lúgkoncentráció kérdését illetően éppúgy ellentmondók, mint a sugárzásos előkezelés hatását a cellulóz II tartalom növekedésére.
13. **Az újonnan bevezetett mercerezőszer, a TMAH hatékonyabban végzi a cellulóz kristálmódosulatának átalakítását.** A kezelést a NaOH-oldat koncentrációjával megegyező töménységű TMAH-oldattal végezve az átalakulás eredményeként kapott cellulóz II részaránya nagyobb értéket vesz fel. A TMAH-oldat hatására történő cellulóz II-vé alakulás mértékét, a szakirodalomban még nem publikálták.
14. **Rövid idejű lúgozást követően a TMAH- és a NaOH-oldat hatása nagyon hasonló,** ennek meghatározása UV-VIS spektroszkópiás mérésekkel történt. A TMAH nagy kationméretének és lassabb diffúziójának köszönhető, hogy a lúg nagyobb hatékonysága csak a kezelés 15. perce után mutatkozik meg. A két duzzasztószer hatását irodalmi közleményben még nem hasonlították össze.

A doktori értekezés témaköréhez kapcsolódó tudományos közlemények és előadások

Közlemények:

- 1 E. Takács, L. Wojnárovits, J. Borsa, Cs. Földváry, P. Hargittai, O. Zöld:
Effect of γ -irradiation on cotton-cellulose.
Radiat. Phys. Chem. 1999, **55**, 663-666.
- 2 E. Takács, L. Wojnárovits, Cs. Földváry, P. Hargittai, J. Borsa, I. Sajó:
Effect of combined γ -irradiation and alkali treatment on cotton-cellulose.
Radiat. Phys. Chem. 2000, **57**, 399-403.
- 3 E. Takács, Cs. Földváry, L. Wojnárovits, J. Borsa, I. Sajó:
Radiation activation of cotton-cellulose prior to alkali treatment.
Res. Chem. Intermed., 2001, **27**, 837-845
- 4 Földváry Cs., Takács E., Wojnárovits L., Hargittai P., Borsa J., Sajó I.:
A γ -sugárzás és a lúgos kezelés kombinációjának hatása pamutcellulózra.
Magy. Kém. Foly., 2002, **9**, 409-412
- 5 Cs. M. Földváry, E. Takács, L. Wojnárovits:
Effect of high-energy radiation and alkali treatment on the properties of cellulose.
Radiat. Phys. Chem., 2003, **67**, 505-508

Előadások:

- 1 Takács Erzsébet, Földváry Csilla Magdolna, Wojnárovits László:
Cellulóz degradációja nagyenergiájú sugárzás hatására
Kémiai Előadói Napok
Szeged, 1999. november 1-3.
- 2 Takács Erzsébet, Földváry Csilla Magdolna, Wojnárovits László:
Nagyenergiájú sugárzás hatására a cellulózban végbemenő változások vizsgálata
MTA KK Doki 3. Doktori Kémiai Iskola
Mátraháza, 2000. április 10-12.

- 3 Takács Erzsébet, Földváry Csilla Magdolna, Wojnárovits László:
Sugárzásos és kémiai kezelés hatására a cellulózban végbemenő
változások
Őszi Radiokémiai Napok
Hévíz, 2000. október 18-20.
- 4 Takács Erzsébet, Földváry Csilla Magdolna, Wojnárovits László:
Nagyenergiájú sugárzás és lúgos kezelés hatására a cellulózban
végbemenő változások
Kémiai Előadói Napok
Szeged, 2000. november 20-22.
- 5 Földváry Csilla Magdolna, Takács Erzsébet, Wojnárovits László:
Nagyenergiájú sugárzás és lúgos kezelés hatására a cellulózban
végbemenő változások
MTA KK Doki 4. Doktori Kémiai Iskola
Mátraháza, 2001. május 20-22.
- 6 Földváry Csilla Magdolna, Takács Erzsébet, Wojnárovits László:
A cellulóz duzzadása és tömegváltozása nagyenergiájú sugárzás és
lúgos kezelés hatására
Őszi Radiokémiai Napok
Mátraháza, 2001. október 17-19.
- 7 Földváry Csilla Magdolna, Takács Erzsébet, Wojnárovits László:
A cellulóz degradációja és tömegváltozása nagyenergiájú sugárzás és
lúgos kezelés hatására
MTA KK Tudományos Napok
Budapest, 2002. május 27-28.
- 8 Csilla M. Földváry, Erzsébet Takács, László Wojnárovits, István Sajó:
Effect of high-energy radiation and alkali treatment on the properties
of cotton-cellulose
The 10th "Tihany" Symposium on Radiation Chemistry
Sopron (Hungary), 31 August-5 September, 2002.

Poszterek:

- 1 E. Takács, L. Wojnárovits, Cs. Földváry, J. Borsa, O. Zöld:
The effect of irradiation on cotton-cellulose
9th "Tihany" Symposium on Radiation Chemistry
Tata (Hungary), 29 August-3 September, 1998.

- 2 E. Takács, L. Wojnárovits, Cs. Földváry, P. Hargittai, J. Borsa, I. Sajó:
Effect of combined gamma-irradiation and alkali treatment on cotton-cellulose
11th IMRAP
Melbourne (Australia), 14-19 March, 1999.
- 3 E. Takács, L. Wojnárovits, Cs. Földváry, P. Hargittai, J. Borsa, and I. Sajó:
Radiation modification of cotton -cellulose
PULS 2000 (The 6th International Conference on Pulse Investigations in Chemistry, Biology and Physics)
Leba (Poland), 9-15 September 2000.

A doktori értekezés témájához szorosan nem kapcsolódó szakmai tanulmányút

Regional Group Training on Radiation-Induced Degradation of Pollutants in Water

Organised by:

International Atomic Energy Agency and Ludwig Boltzmann Institute for Radiation Chemistry

Vienna (Austria), 3-21 September, 2001.

Introduction, background

Cellulose is a widely used natural polymer. The amount of cellulose applied, mainly in textile industry is increasing, sometimes in combination with man-made fibers. Although, the importance of cellulose among the natural materials is well recognized, our knowledge about the structure and properties of cellulose is insufficient, experimental results published are sometimes inconsistent.

Cellulose used in the textile industry is treated with mechanical and chemical methods. During this activation process chemicals are used in great amount. In order to decrease the amount and concentration of these chemicals, it is important to find more efficient chemicals and new activating methods of cellulose. Cellulose can be activated physically by high-energy irradiation. During this process macroradicals are formed due to the chain and ring cleavage, and active sites are formed in the crystal region of cellulose. The concentration of free carbonyl-groups increases due to the reaction between the macroradicals and the oxygen. Research on the application of high-energy irradiation in cellulose technologies has mostly been carried out on radiation induced grafting of monomers to the cellulose. High-energy induced degradation has received much less attention.

The aim of the work was to study the effect of gamma-radiation and accelerated electrons on the cellulose, to determine the effect of preirradiation on the efficiency of the alkali treatment (mercerization), to increase the efficiency of mercerization by using a new solution (TMAH, tetramethyl-ammonium-hydroxide). The experiments were made with the same cellulose material, under the same conditions, using up-to-date technical possibilities. These experiments were completed and compared

with some measurements made in another laboratories, with another cellulose materials.

Experimental

Cotton-cellulose was preirradiated by ^{60}Co gamma-rays or accelerated electrons at room temperature and treated with NaOH or TMAH solution. The change in the properties of cellulose was followed by the determination of degree of polymerisation, loss of mass measurement, UV-VIS spectroscopy, electron- and stereomicroscopy. The free carbonyl- and carboxyl-group content was determined by FTIR spectroscopy. The change in the crystalline structure caused by alkali treatment was followed by X-ray diffraction.

New scientific achievements

1. **The degradation of cellulose can be detected already at low irradiation dose.** The publications dealing with the radiation dose necessary to the onset of the degradation are inconsistent. According to our measurements the degradation of cellulose started at low dose: a decrease in the degree of polymerisation as measured by viscosimetry can be detected already at a dose of 1 kGy.
2. **The presence of oxygen has no significant effect on the degradation of cellulose.** Significant differences were not found in the degree of polymerisation (DP) of samples irradiated in air or in nitrogen atmosphere, in agreement with the majority of the published data, but some authors claimed the opposite.
3. **The degradation was higher when the cellulose was irradiated in liquid phase with the same dose as applied during irradiation in**

air. In the publications several authors found greater degradation in solid-phase irradiation, while others found greater degradation when cellulose was irradiated in liquid-phase. Our experiments show, that the decrease in DP was two times higher when the samples were irradiated in aqueous CUEN solution due to the effect of the intermediates of water radiolysis.

4. **As a result of degradation the number of carbonyl-groups increased significantly, while there was only a slight increase in the intensity assigned to the absorbance of carboxyl-groups** detected by FTIR. The carbonyl-groups are formed during the degradation, due to chain and ring cleavages.
5. **During alkali treatment transformation from carbonyl-groups to carboxyl-groups were observed.** The carbonyl-group content of the cellulose treated with alkali solution decreased and the carboxyl-group content increased significantly with increasing either the radiation dose or the concentration of the alkali solution. The increase of the carboxyl-group content has not been published before.
6. **The intensity related to the carbonyl-group content** detected by FTIR **was higher in the case of irradiation by gamma-rays, than in the case of electron beam irradiation.** During gamma-irradiation the dose rate is smaller, the reaction time is longer, therefore more carbonyl-group could be formed during the treatment, due to the increased time available for reaction with oxygen. A similar chemical effect of the different kinds of radiation was published, but the details of the reactions have not been published yet.
7. **During the radiation treatment cellulose loses weight.** The loss of mass increased with increasing the radiation dose. Data has been published on gas-phase molecules formed during the radiation treatment, but no publication was found dealing with connection between the gas-phase products and the loss of mass.

8. **The combination of irradiation and 3.75 mol dm⁻³ alkali treatment had a stronger effect on the loss of mass, compared to that caused by irradiation only.** The loss of mass is twenty times greater when cellulose was treated for 5 minutes with alkali solution following the irradiation, than the loss of mass after irradiation without alkali treatment.
9. **The concentration of dissolved molecules increased with increasing either the radiation dose or the concentration of the alkali solution.** The solutions were analysed by UV-VIS spectroscopy at the wavelength of the n- π^* transition of aldehyde and keto-groups. The isolation of the dissolved molecules is in progress. Dose and concentration dependence of the rest alkali-solutions has not been published before.
10. **TMAH-solution was found to be more effective swelling agent than NaOH-solution.** The loss of mass was higher in those cases when TMAH-solution was used, instead of NaOH-solution because the cellulose-fragments dissolved more efficiently from the more swollen cellulose.
11. **There was no change in the crystal structure of cellulose due to irradiation below 300 kGy dose, without alkali treatment.** The irradiation with higher dose (~ 1000 kGy) induced a decrease in crystallinity and an increase of amorphous region, corresponding to the literature data. The cellulose I – cellulose II transition was not detected.
12. **When alkali treatment was applied the cellulose I – cellulose II transformation was higher in the case of preirradiated cellulose, compared to the unirradiated samples.** The cellulose II content increased with increasing either the radiation dose or the concentration of alkali solution. The literature data published on alkali concentration necessary for cellulose I – cellulose II transformation and the effect of the irradiation on crystal structure alterations are inconsistent.

13. **The change in the crystal structure was higher, when the cellulose was treated with TMAH-solution than treated with NaOH-solution.** Similar ratio of cellulose II was detected after treatment with $3,75 \text{ mol dm}^{-3}$ TMAH than with 5 mol dm^{-3} NaOH. The effect of TMAH-solution on the transition to cellulose II has been not published yet.
14. **At shorter treatment times the effect of two mercerizing solutions was similar.** After 15 minutes TMAH-solution was more efficient. The slower diffusion rate due to the greater cation size should be the reason of time delay in the swelling effect of TMAH. The effect of two mercerizing solutions has been not compared before.

Publication and presentations related to the thesis

Publications:

- 1 E. Takács, L. Wojnárovits, J. Borsa, Cs. Földváry, P. Hargittai, O. Zöld:
Effect of γ -irradiation on cotton-cellulose.
Radiat. Phys. Chem. 1999, 55, p. 663-666.
- 2 E. Takács, L. Wojnárovits, Cs. Földváry, P. Hargittai, J. Borsa, I. Sajó:
Effect of combined γ -irradiation and alkali treatment on cotton-cellulose.
Radiat. Phys. Chem. 2000. 57, p. 399-403.
- 3 E. Takács, Cs. Földváry, L. Wojnárovits, J. Borsa, I. Sajó:
Radiation activation of cotton-cellulose prior to alkali treatment.
Res. Chem. Intermed., 2001. 27, p. 837-845
- 4 Földváry Cs., Takács E., Wojnárovits L., Hargittai P., Borsa J., Sajó I.:
A γ -sugárzás és a lúgos kezelés kombinációjának hatása pamutcellulózra.
Magy. Kém. Foly., 2002. 9, p. 409-412

- 5 Cs. M. Földváry, E. Takács, L. Wojnárovits:
Effect of high-energy radiation and alkali treatment on the properties of cellulose.
Radiat. Phys. Chem., 2003, **67**, 505-508

Presentations:

- 1 Takács Erzsébet, Földváry Csilla Magdolna, Wojnárovits László:
Cellulóz degradációja nagyenergiájú sugárzás hatására
Kémiai Előadói Napok
Szeged, 1999. november 1-3.
- 2 Takács Erzsébet, Földváry Csilla Magdolna, Wojnárovits László:
Nagyenergiájú sugárzás hatására a cellulózban végbemenő változások vizsgálata
MTA KK Doki 3. Doktori Kémiai Iskola
Mátraháza, 2000. április 10-12.
- 3 Takács Erzsébet, Földváry Csilla Magdolna, Wojnárovits László:
Sugárzásos és kémiai kezelés hatására a cellulózban végbemenő változások
Őszi Radiokémiai Napok
Hévíz, 2000. október 18-20.
- 4 Takács Erzsébet, Földváry Csilla Magdolna, Wojnárovits László:
Nagyenergiájú sugárzás és lúgos kezelés hatására a cellulózban végbemenő változások
Kémiai Előadói Napok
Szeged, 2000. november 20-22.
- 5 Földváry Csilla Magdolna, Takács Erzsébet, Wojnárovits László:
Nagyenergiájú sugárzás és lúgos kezelés hatására a cellulózban végbemenő változások
MTA KK Doki 4. Doktori Kémiai Iskola
Mátraháza, 2001. május 20-22.
- 6 Földváry Csilla Magdolna, Takács Erzsébet, Wojnárovits László:
A cellulóz duzzadása és tömegváltozása nagyenergiájú sugárzás és lúgos kezelés hatására
Őszi Radiokémiai Napok
Mátraháza, 2001. október 17-19.

- 7 Földváry Csilla Magdolna, Takács Erzsébet, Wojnárovits László:
A cellulóz degradációja és tömegváltozása nagyenergiájú sugárzás és
lúgos kezelés hatására
MTA KK Tudományos Napok
Budapest, 2002. május 27-28.
- 8 Csilla M. Földváry, Erzsébet Takács, László Wojnárovits, István Sajó:
Effect of high-energy radiation and alkali treatment on the properties
of cotton-cellulose
The 10th "Tihany" Symposium on Radiation Chemistry
Sopron (Hungary), 31 August-5 September, 2002.

Posters:

- 1 E. Takács, L. Wojnárovits, Cs. Földváry, J. Borsa, O. Zöld:
The effect of irradiation on cotton-cellulose
9th "Tihany" Symposium on Radiation Chemistry
Tata (Hungary), 29 August-3 September, 1998.
- 2 E. Takács, L. Wojnárovits, Cs. Földváry, P. Hargittai, J. Borsa,
I. Sajó:
Effect of combined gamma-irradiation and alkali treatment on cotton-
cellulose
11th IMRAP
Melbourne (Australia), 14-19 March, 1999.
- 3 E. Takács, L. Wojnárovits, Cs. Földváry, P. Hargittai, J. Borsa, and I.
Sajó:
Radiation modification of cotton -cellulose
PULS 2000 (The 6th International Conference on Pulse Investigations
in Chemistry, Biology and Physics)
Leba (Poland), 9-15 September 2000.

Training:

Regional Group Training on Radiation-Induced Degradation of
Pollutants in Water

Organised by:

International Atomic Energy Agency and Ludwig Boltzmann Institute
for Radiation Chemistry

Vienna (Austria), 3-21 September, 2001.