

ETO: 676.014.017

Keywords: fibre analysis, fibre properties

## Cellulózrostok főbb jellemzői, tulajdonságai VII.

Annus Sándor

Régóta törekvés a cellulózrostok, rostanyagok

- tulajdonságainak teljesebb megismerése, szélesebb körű jellemzése,
- az egyes jellemzők közötti kapcsolatok feltárása,
- továbbá annak a legkevesebb számú jellemzőnek a kiválasztása, amellyel a legjobban jellemezhetők a cellulózrostok, rostanyagok, és előre jelezhetők egy adott rostanyagból készülő papír tulajdonságai.

### A vizsgálati módszerek

Cellulózrostok, rostanyagok tulajdonságainak vizsgálatára, mérhető jellemzőinek meghatározására megközelítően 60 szabványosított vizsgálati módszer sorolható. A vizsgálati módszerek közel fele a kémiai, negyede a fizikai és kisebb részben a morfológiai, a fizikai-mechanikai, fizikai-kémiai és az optikai jellemzők meghatározását teszi lehetővé.

A **kémiai összetételre**, jellemzőkre vonatkozó vizsgálatok elsősorban a fő összetevők, a cellulóz-, polióz- (hemicellulóz), pentozán-, lignin-, továbbá extraktanyag-, hamu-, illetve redukáló végcsoport-, karboxil-, metoxil-tartalom meghatározására szolgálnak.

A **morfológiai** vizsgálat tárgya a rostok, illetve a kísérősejtek mennyisége, aránya, a rost mérete, hosszúsága, szélessége/ átmérője, továbbá itt is említendő a falvastagsága.

A **fizikai** vizsgálatok kiterjednek a rostanyag víztelenedésének, vízvisszatartásának, őrlésfokának, fajlagos pórus-térfogatának, fajlagos felületének, illetve a rostanyagból képzett próbalap látszólagos sűrűségének, fajlagos térfogatának, vastagságának, négyzetmétertömegének, merevségének /lágyságának, porozitásának, légáteresztésének, vízszívó-magasságának, felületi víz-felvételének (enyvezettségének), olajáteresztésének, valamint felületi simaságának meghatározására.

A **fizikai-mechanikai** vizsgálatok során a lap szakítási-, szakító nyúlási-, repesztési-, tépési-, hajtogatási- továbbá z-irányú- (keresztmetszeti) és felületi-szilárdsági értékeit, mutatóit állapítják meg.

A **fizikai-kémiai** vizsgálatokkal a cellulózrost zeta-potenciálját, fajlagos felületét, valamint a cellulóz oldat viszkozitását, ezzel polimerizációs-fokát mérik, határozzák meg.

Az **optikai** vizsgálati eredmények a fehérségről, fényszórásról, opacitásról, illetve a szín-értékekről tájékoztatnak. A példaként felsorolt jellemzők (amelyek ISO, TAPPI, Merkblatt, SCAN vizsgálati módszerekkel határozhatók meg), elsődlegesen és főképpen az ipari

gyártásfolyamat ellenőrzéséhez és a termékek minősítéséhez adnak eligazítást.

Számos vizsgálatot még egyedi módszerként tartanak számon.

Ide sorolható többek között a cellulózrost fibrilláris szerkezetére, különböző vegyületek rostokban elhelyezkedésére és a rostfelület elektronmikroszkópos, illetve atomerő-mikroszkópos jellemzésére vonatkozó vizsgálatok.

### A vizsgálati körülmények és az értékelés

A vizsgálati eredmények értékeléséhez alapvető annak megkülönböztetése, hogy a cellulózrostokat egyedileg, halmazukban (rostanyag), illetve lapformában vizsgáljuk. Lényeges tényező a cellulózrostok kémiai összetétele, mindennek előtt az, hogy ligninmentes, ligninmentesített vagy nagyobb, (8-15 %) sőt nagy /18-28 %/ lignintartalmú a vizsgált anyag. Az sem közömbös, hogy poliózokat tartalmaz-e és ha igen, milyen arányban? Nem közömbös a cellulózrostok származási helye, más szavakkal: mely növényben képződtek? Ebből következően az, hogy a rostanyag homogén (azonos rostfajtából, pl. pamut-rostokból, fenyőfatracheidákból áll), illetve heterogén (a lombos fa libriform-, illetve a búzaszalma szklerenchima-rostok mellett kísérő-sejteket, edény-, parenchima-, epidermisz-sejteket is tartalmaz). Meg kell jegyezni, hogy a homogénnek nevezett rostanyag is heterogén, amennyiben különböző hosszúságú, szélességű/átmérőjű, illetve különböző falvastagságú rostokból tevődik össze. Erről tanuskodnak az átlagértékek és a méret-eloszlás-diagrammok.

Különbség adódik – az azonos növényből származás ellenére – a rostanyag- előállítás módjától, a mechanikai-, kemo-mechanikai rostosítás, illetve kémiai feltárás jellegétől függően. Tényező lehet a törmelék-rostok, továbbá a levált rostfal-részecskék, a finomanyag mennyisége is. Ezeken túlmenően lényeges, hogy a rostokat száraz vagy víz-közegű, szuszpendált (egyben duzzadt), illetve öröletlen vagy örölt (fibrillált) állapotban vizsgáljuk, szemléljük.

### A célszerű vizsgálatok

Általánosan elfogadott (1), hogy a rostok, rostanyagok elsősorban:

- a **rosthosszal**, a rosthossz-eloszlással
- az **őrlésfokkal**, pontosabban a víztelenedési el-lenállással

- a rostanyagból készült próbalap **szilárdsági** értékeivel,  
 - az **optikai** jellemzőkkel, fehérséggel fényszórással, opacitással jellemezhető.

A papírt – a rostokból összeállt lapot – főképpen a

- **szerkezeti/térfogati** jellemzők

- **felületi** (fajl. felület, porozitás)

- **szilárdsági**

- **merevségi**

- **abszorpciós** és

- **optikai**

tulajdonságok minősítik.

Heikkurinen, Levlin és Paulapuro (2) fontosnak tartják kiemelni, hogy a rostanyag jellemzéséhez tudni kell az eredmények felhasználási célját, amely lehet:

- a rostanyag, illetve a papírgyártási folyamat ellenőrzése,

- a gyártási folyamat, illetve a gyártóberendezések fejlesztése

- a rostanyag felhasználhatóságának általános leírása,

- a rostanyag egy adott papír gyártásához való alkalmasságának a bemutatása.

Megítélésük szerint egyes rosttulajdonságok bázis-tulajdonságoknak tekinthetők. A papírgyártási rostanyag állapotát meghatározza:

- a részecskék alakja,

- mérete, méret-eloszlása,

- felületi tulajdonságai,

- a rostfal szerkezete.

Ezek közül bármelyik változása kihat a rostanyag minőségére. E tulajdonságok függetlenül változhatnak.

A bázis-tulajdonságok értékeinek meghatározásához használt módszerek között említhetők:

- **alak, forma** - fajlagos felület, külső fibrilláltság, kunkorodás

- **méreteloszlás** - rosthosszúság, rostszelesség, rostfinomság

- **rostfelület** - kémiai összetétel, ESCA, fibrillaszög

- **rostfalszerkezet** - hajlékonyság, duzzadó-képesség, fajtérfogat, pórustérfogat.

Az a szándék, hogy a vizsgálati eljárás azonos, vagy közel azonos legyen a gyártási eljárással, az esetek többségében csak részben teljesül. Példának említhetők az őrlés és a lapképzés módjai közötti különbségek. Más szavakkal, a laboratóriumi próbapapok és a gyári papír előállítási körülményei különböznek egymástól. Clark (3) öt bázis-jellemzőt ajánl alkalmazásra rostok, rostanyagok jellemzéséhez, papírgyártási alkalmasságának megítéléséhez, nevezetesen az:

- átlagos rosthosszúság,

- rostfinomság,

- rostok nedves tömöríthetősége,

- belső rostsziárdság és a

- rost kötődő-képesség vizsgálatát.

A tömeg szerinti átlagos **rosthosszúság** (amely a

valós rosthosszúságot adja) különböző módon mérhető. Figyelemmel kell lenni a heterogén részecske-állományú, tehát izodimenziós sejteket is tartalmazó rostanyagokra. A lapképzésre, tehát papírgyártásra alkalmas, tömeg szerinti átlagos rosthosszúság – a jelenlegi gyártási gyakorlat szerint – 0,5- 3,5 mm között változhat. A tűlevelű fák 3-4, a pamut-linter 2, a lombos fák 1, a gabonaszalmák 1 mm-es átlagos rosthosszúsága közvetlen felhasználást, lapképzést tesz lehetővé. A pamut 20, a len- illetve kenderrostok 5-6 mm-es átlaghosszát a lapképzéshez csökkenteni, a rostokat vágni kell.

A **rostfinomság** a rostok 100 m hosszának mg-ban kifejezett, decigrexként megadott tömege. Értéke 5- 30 decigrex közötti. Meghatározása néhány száz rost hosszúságának, egyidejűleg tömegének mérésével valósítható meg. A különböző növényekből előállított rostanyagok közül a fenyő-facsiszolat 28, a nyár-facsiszolat 23, fenyő-rostcellulózok 15-20, lombos-rostcellulózok 11-12 és a gabonaszalmarostcellulóz 11 decigrex értékű. A rostfinomsági értékek jó összefüggést mutatnak a lapszilárdsági, lég- és folyadék-áteresztési továbbá a felület simasági értékekkel.

A rostanyag **nedves tömöríthetősége** (összenyomhatósága) a rostanyag és a belőle képzett lap kapcsolatára utal. Célszerűen a szabványosan képzett lap fajlagos térfogatával, annak cm<sup>3</sup>/g-ban kifejezett értékével jellemezhető. Kifejezi a rostokban lévő és a rostok közötti üregtérfogatot. A kristályos cellulóz fajlagos térfogata: 0,64 cm<sup>3</sup>/g. Az erősen örölt rövidrostokból képzett lap fajlagos térfogata 1 körüli, míg a merev rostokból álló fenyő-facsiszolaté 3 cm<sup>3</sup>/g feletti értékű. Értéke elsősorban a rostfal-vastagságtól és a rost belső fibrilláltságától függ, de számottevően hat a rost lágysága, hajlékonysága, továbbá keresztmetszeti alakja, a fibrillák szögei és a felületi fibrilláltság. Összefüggés mutatható ki a rostok víztelenedési sebességével, a lappá rendeződött rostok kötött felületével és üregtérfogatával, porozitásával.

A **belső rostsziárdság** az egyedi rostoknak – a nulla befogási hosszal meghatározott – kg/mm<sup>2</sup>-ben kifejezett szakítószilárdsága. Értéke 40- 110 kg/mm<sup>2</sup> határértékek közötti, mégpedig a pamut rostoké 45, különböző fenyőfélék rostjai 40-90, a nyírfa rostoké 90, a len- és kender-rostoké 90-110 kg/mm<sup>2</sup>. A kristályos cellulóz szakítószilárdságát – számítások alapján – 730 kg/mm<sup>2</sup> értékűnek vélik. Ez meglehetősen nagy, az acéléval összevethető szilárdság. Ennek egytizede a fibrillás cellulózrost szilárdsága, és ennek ismét csak egytizede az örölt rostokból álló papír szilárdsága.

A belső rostsziárdság nemcsak a rost-testről, hanem a rostot alkotó fibrillák állapotáról is tájékoztat. Értéke jelentősen függ mechanikai, illetve kémiai hatásoktól, azaz a rostosítási, illetve a feltárási, fehéritési műveletektől.

**Rostok kötődő-képessége** – döntően – a rostok felületén elhelyezkedő fibrillák hatására bekövetkező egymáshoz tapadásnak a jellemzője. A rostokból képzett kétrétegű lapnak – a lap síkjában – nyírással történő szétválasztásához szükséges erővel jellemezhető. A nyíróerő felületegységre vonatkoztatva, kg/mm<sup>2</sup>-ben kifejezve mutatja a rostok kötődő-képességét, 5- 25 kg/mm<sup>2</sup> értékhatárok között. Legkisebb értékű a viszkóz-szálak kötődése, ennél nagyobb a csak alfa-cellulózt tartalmazó rosté. Nagyobb a kötődése a holocellulóz-ból álló rostoknak, továbbmenően a lúgos feltárású szalmacellulóz-rostoknak, továbbá a fenyőfa rostoknak. A kötődő-képesség függ a rostok hosszától, egymásba fonódásától, kuszálódásától, a törmelék-rostok jelenlététől és így a lap látszólagos sűrűségétől is. Őrléssel nő a kötődés maximumig, de azután a további őrlés ledörzssóli a kibontott fibrillákat.

**A tulajdonságokat alakító tényezők**

Összefoglaló megfogalmazás szerint papír gyártásához elsődlegesen akkor alkalmas a rostanyag, ha az egyes rostok megfelelő kötődőképességek, ezáltal megfelelő szilárdságú lap képzése biztosítható. A rostok egymáshoz kötődése hajlékonyságtól és felületi tulajdonságaiktól függ. A megfelelő kötődőképesség a rostok kémiai összetételéből morfológiai jellemzőiből, szerkezetéből, valamint a feltárási vagy rostosítási eljárás, illetve az őrlés (a külső és belső fibrilláltság) összetett hatásából következik. A papíriparban felhasznált rostok túlnyomó részben olyan növényekből – elsősorban fákból – származnak, amelyek kémiai összetételében a cellulóz és a poliózok (hemcellulózok) mellett lignin is jelen van. Kivételként említhetők a lignint képződésükkor sem tartalmazó pamut, illetve pamut-linter rostok. Fás anyagok rosto-

sításakor (facsiszolat, TMP-, CMP stb gyártásakor) az egyedi rostok mellett rostkötegek, törmelékrostok és poranyag is képződik. A kémiai összetétel nem, vagy csak kis mértékben változik. A lignin jelenlétéből adódóan a rostok, rostkötegek merevek. A kémiai kezelés – feltárás – hatására, elsősorban a lignin, továbbá a poliózok egy részének eltávolításával, megváltozik a kémiai összetétel, növekszik a szénhidrátok rosttulajdonságot meghatározó szerepe. A feltárás, a lignin-eltávolítás előrehaladtával nő a hidrogénkötés kialakítására alkalmas hidroxilcsoportok száma és nő a rostok hajlékonysága. Ezzel együtt a rostszerkezet, ezen belül főképpen a rost üreghálójának (pórusok, kapillárisok), továbbá felületeinek /külső, belső/ nagysága is változik.

**Rostjellemzők-papírtulajdonságok**

Általánosabb érvényű szabályokat csak bizonyos megfontolással, korlátozott érvénnyel lehet kimondani. Példaként említhető a poliózokkal kapcsolatos ismeret, mely szerint jelenlétük a rostban elősegíti az őrlést, növeli a lapszilárdságot. Ez a megállapítás csak ligninmentesített rostokra érvényes. A facsiszolat nagy polióz-tartalmú, mégsem fibrillálható, és nem használható tömör szerkezetű, zárt felületű papír gyártásához.

Más példa a rostfal- vastagsággal kapcsolatos. Ugyanis vastagfalú, nagyobb szélességű, átmérőjű rostok közötti kötődések száma kevesebb, ezért kisebb a szakító-, de nagyobb a tépőszilárdság. Vékonyfalú, keskeny rostok esetében nagyobb a rostfelületek kötődési pontjainak száma, így nagyobb a szakítószilárdság.

Ezeknek előrebocsátásával sorolható néhány összefüggés. (1. táblázat.) (4, 5).

1. táblázat

Rost- és rostanyag jellemzők – papírtulajdonságok			
Polióztartalom a rostban (6-25%)	Lignintartalom a rostban (8-28%)	Rosthosszúság (0,5-3,5 mm)	Rostfal- vastagság (2-8 m)
Növeli a rostok - duzzadóképességét - őrlési fibrillálódását	Növeli a lap - porozitását - merevségét, ezzel törekenységét is - mérettartósságát	Növeli a lap - porozitását - opacitását - szakítószilárdságát - repesztőszilárdságát - tépőszilárdságát - hajtogatási szilárdságát	Növeli a lap - porozitását - mérettartósságát - tépőszilárdságát
Növeli a lap - térfogatömegét - opacitását - szakítószilárdságát - repesztőszilárdságát - hajtogatási szilárdságát	Csökkent a rost - duzzadását	Csökkenti a lap - térfogatömegét - mérettartósságát	Csökkenti a lap - térfogatömegét - opacitását - szakítószilárdságát - repesztőszilárdságát - hajtogatási szilárdságát
Csökkenti a lap - porozitását - mérettartósságát - tépőszilárdságát	Csökkenti a lap - térfogatömegét - szakítószilárdságát - repesztőszilárdságát - hajtogatási szilárdságát		

Papírgyártáshoz a legalkalmasabbnak tartott és a legnagyobb mennyiségben felhasznált túlevelű, azaz fenyőfa-rostanyagokon kívül, két további rostanyag csoport, nevezetesen a rövidrostú lombosfa- és búzaszalma-rostcellulózok sajátos lapképző tulajdonságai is számoltartottak. A lombos fákból feltárással kinyert rostcellulózokból készített lapokat egyenletesebb lapszerkezet, nagyobb porozitás, nagyobb mérettartás jellemzi. Az eukaliptusz-rostcellulóz különösen alkalmas lazább szerkezetű és nagyobb opcitású lap készítésére. A búzaszalma-rostcellulóz könnyebben őrlhető, egyenletesebb és tömörebb lapszerkezetet ad, nagyobb a térfogattömege, nagyobb a simasága, nagyobb a feltépődési és a repesztő-, kisebb a tépő- és hajtogatási szilárdsága. Mindkét rostanyagcsoport javítja a nyomtathatóságot.

\*\*\*

A korábbiakkal együtt összesen hét közleményben, a külföldi szakirodalomban közölt újabb ismeretek felhasználásával, újonnan bevezetett fogalmak ismer-

tetésével – a teljesség igénye nélkül – cellulózrostok, rostanyagok főbb jellemzőit, tulajdonságait kívántuk röviden összefoglalni.

Szándék volt továbbá a különböző eredetű, kezelt-ségű, ebből következően különböző kémiai összetételű, alakú, méretű és szerkezetű rostok számszerűsített jellemzőinek, ezek átlagos, illetve szélső értékeinek közreadása.

Végül, de nem utolsósorban egyes, ipari gyártásban alkalmazott művelet (őrlés, töltés, enyvezés, szinezés) mechanizmusát értelmező elképzelésről tájékoztattunk.

#### Irodalom

1. Levlin, J.E., Söderhjelm, L. Papermaking Science and Technologie Helsinki, Fapal Oy, 1999.
2. Heikkurinen, A., Levlin, J.E., Paulapuro, H. Principles and Methods in Pulp Characterisation – Basic fiber properties. Paperi ja Puu 73. 5. 411-416 p. 1991.
3. Clark, J. d'A. Pulp Technologie and Treatment for Paper. Miller Freeman Publications Inc. San Francisco 1985.
4. Flatyé, D.M. A papír tulajdonságai Budapest, 1978.
5. Alpar, L. Fejezetek a papírgyártásból. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1975. t

ETO: 577.152:676.014.82:676.024.61.04:

676.017.3:676.017.62:676.164.3

Keywords: enzymatic treatment, chemical properties, morphological properties

## A cellulózrostok enzimes kezelésének hatása a rostok kémiai és morfológiai tulajdonságaira\*

Dr. Hernádi Sándor, Papíripari Kutatóintézet Kft. Budapest

### Bevezetés

A biotechnológiai folyamatok alkalmazása a cellulóz- és papíriparban a múlt század 70-es éveinek közepén kezdődött. Az első próbálkozásokat enzimet termelő gombákkal végezték, amelyeket a faapríték kezelésére használtak. Ez a művelet igen hosszadalmas volt, és a kapott eredmények reprodukálhatósága sem volt megfelelő. Az enzimek szélesebb körű elterjedése a gyártástechnológiai folyamat egészében, de különösen a feltárási, fehéritési és őrlési technológiákban a 80-as évek végétől datálható. Az ipari mértékben előállított enzimek (ma már) viszonylag alacsony áron rendelkezésre állnak. A hidrolitikus enzimek (celluláz, hemicelluláz) gazdaságosan alkalmazhatóak a különböző cellulózsejtek lapképző tulajdonságainak, illetve fehéritethezősegeinek javítására.

A jelen tanulmányban csak a celluláz enzimmel foglalkozunk. Az összeállítás három részre tagozódik. Az első részben a celluláz enzim hatását mutatjuk be a különböző cellulózrostok kémiai tulajdonságaira. A második részben az enzimes kezelés okozta kolloidkémiai és morfológiai változásokat tárgyaljuk, és végül a harmadik rész az enzimes kezelés hatására bekövetkező

papírtulajdonságok bemutatásával foglalkozik.

A gyakorlatban először alkalmazott celluláz enzim komplex szerkezetű, három egymástól különböző módon ható részből áll. Az enzim mind a három része a cellulóz makromolekula amorf részét támadja meg, melynek során különböző végtermékek keletkeznek.

Különböző mikroorganizmusokkal lehet celluláz enzimet termelni, melyek között mind gombák, mind baktériumok megtalálhatóak.

Néhány tipikus enzimtermelő organizmus és a keletkezett enzim elnevezését láthatjuk az 1. táblázatban.

Enzimtermelő organizmus	Enzim
Trichoderma reesei	Liftase A40
Trichoderma Lagibrachiatum	Pergalase A40
Aspergillus niger	Cytolase 123

1 táblázat. A lapképző tulajdonságok javítását elősegítő celluláz és hemicelluláz enzim eredete