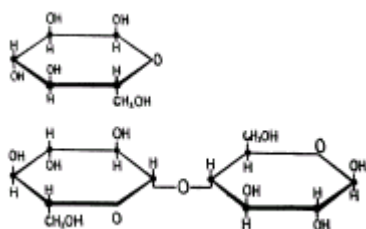


A cellofán¹

A kémiai technológia évről-évre több és több mesterséges nyersanyagot termel. A régebbi műselyem, műgyanta, mesterséges viasz, fémesített fa, folyósított szén, számos szintetikus festőanyag és gyógyszer mellett az újabbak közé tartoznak az átlátszó csomagolóanyagok, amelyek között a cellofán a legismertebb. Leggyakrabban a befőttes üvegeken látjuk a régebbi pergamentpapiros helyett, de mindjobban terjed mint csomagoló, borító anyag.



1. ábra. A szőlőcukor (α -*D*-glukoze) molekulájának vázlatos képe. Fekete körök szénatomokat, a szürkék oxigénatomokat és a fehérek hidrogénatomokat jelentenek. A nagyítás a valósághoz képest 100 000 000-szoros. Két hidrogénatom nem látszik, mert a gyűrű túlsó oldalán fekszik.



2. ábra. A szőlőcukor és a cellobióze képlete HAWORTH szerint.

tapasztalati képlete: $C_6H_{12}O_6$; ezek közül 5 szénatom és egy oxigénatom hatszögletes gyűrűt alkot, amelyhez 4 —OH (hidroxil)-gyök és egy —CH₂OH gyök (primer alkoholsoport) csatlakozik (1. ábra). Az egész molekula a valóságban kb. 0,75 milliommilliméter (0,75 μ m) átmérőjű: A szőlőcukor kristályai sok trillió ilyen molekulából állanak. A szőlőcukor képletét a Haworth-féle írásmód szerint írva a 2. ábrán látjuk; a vastag vonalak a hatszög felénk fordított oldalát jelentik; fontos az egyes kapcsolt gyökök felfelé vagy lefelé mutató iránya is.

Két szőlőcukormolekula víz kilépésével kettős cukorra egyesülhet, amelynek *cellobióze* a neve és tapasztalati képlete $C_{12}H_{22}O_{11}$. Szerkezeti képletét, valamint a molekula térbeli felépítését a 2. és 3. ábra tünteti fel. Az eredeti szőlőcukormolekulákat egy oxigénhíd köti össze, a két primer alkoholsoport közül pedig az

A cellofán gyártása, éppúgy, mint a műselyemé, a cellulózéből indul ki; mindkettő cellulózekészítmény, anyaguk teljesen azonos és csak az a különbség közöttük, hogy a cellofán vékony lapok, lemezek, a műselyem pedig finom fonalak alakjában készül. A háziasszonyt talán meg is lepi, hogy a befőttes üvegeket elzáró cellofán és a műselyemharisnya ugyanannak az anyagnak másféle megjelenési formája.

A cellulóze. A növényi sejtek fala javarészt a cellulóze, nevezett vegyületből áll. Legtisztább alakban a gyapot szálaiban található meg. Mint vegyület, a cellulóze az összetett cukrok (poliszaccharidák) csoportjába

tartozik és molekulája sok egyszerű cukormolekula összefűződése által jön létre. A legközönségesebb cukor a *szőlőcukor* (más néven glukóze, burgonyacukor). A szőlőcukor molekuláját a kémia tanítása szerint 6 szénatom, 6 oxigénatom és 12 hidrogénatom alkotja,

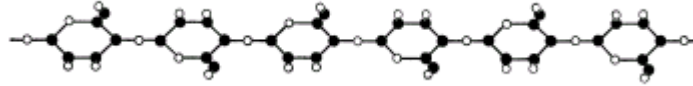


3. ábra.

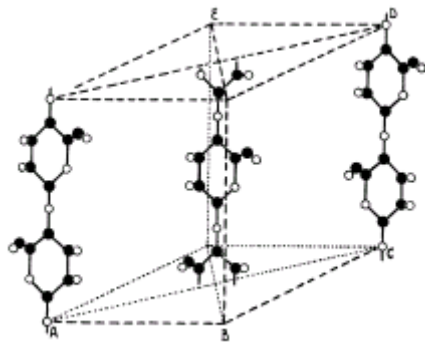
A cellobióze molekulájának vázlatos képe 100 000 000-szoros nagyításban. Nyolc hidrogénatom nem látszik, mert a gyűrű másik oldalán fekszenek.

egyik baloldalt, a másik jobboldalt helyezkedik el. A közönségesen ismert répacukor ennek a cellobiózének „édes” testvére és tőle csak a gyökök térbeli sorrendjében különbözik.

A cellobiózében két szőlőcukormolekula egyesül víz kilépése közben. Ha ugyanilyen módon nagyon sok cellobiózemolekula kapcsolódik egybe, akkor jön létre a cellulóze. Szóval a cellulózban egymást váltják fel a glukózegyűrűk és az összekötő oxigénatomok, a szekundér alkoholcsoportok, pedig hol a bal-, hol a jobboldalon foglalnak helyet. Az egész molekula egy lánchoz hasonlít (4. ábra). A cellulózénak, például vattának rostjait magától értetődően rendkívül sok ilyen molekula alkotja, de ezek ismét szabályszerűen helyezkednek el. A Röntgen-sugarak segítségével kiderítették, hogy nemcsak a szerves világ anyagainak legnagyobb része kristályos, hanem a szerves eredetű anyagok javarésze is szabályos, kristályszerű felépítést árul el. Így a cellulóze is. Az ismertetett láncszerű molekulák négyesével szabályosan helyezkednek el (5. ábra), az egyes szomszédok egymástól 0,835 μm (AB), 0,79 μm (BC) távolságban vannak. Ennek a kristályelemnek az alaplapja téglalap, mert a kísérletek eredménye szerint az AB és BC oldalak szöge alig több 90°-nál, tehát szinte teljesen pontosan derékszög. Egy kristályelem magassága, vagyis egy cellobiózemolekula hossza 1,03 μm (CD). Az 5. ábra jobb érthetőség kedvéért a négy sarkon álló molekulalánccok közül csak az A - és C -nél lévőket tünteti fel, de ugyanilyen láncokat kell képzelnünk a B és E pontokban is. A cellulóze kristályszerkezete ezzel még nem teljes, mert ugyanilyen



4. ábra. Cellulóze molekulájának vázlatos képe. A fekete körök szénatomokat, a fehérek oxigénatomokat jelentenek. A hidrogénatomokat a rajz az egyszerűség kedvéért nem tünteti fel. A nagyítás 40 000 000-szoros.



5. ábra. A cellulóze kristályrácsának vázlata 40 000 000-szoros nagyításban.

molekulalánccok vannak az alaplapok középpontjában is, de ezek a láncok eltolódtak a molekulahosszúság 3/4 részével. A kristály egyik kiterjedése szempontjából felületen centrált rács. Az 5. ábrán feltüntetett rácsszerkezet folytatódik minden irányban, de valahol egészen biztosan befejeződik. A valóságban például a vatta egy-egy rostja nem egyetlen kristálydarab, hanem apróbb részekből, elemi rostokból áll. A kísérletek eredménye szerint az 5. ábra kristályelemét az AB és BC irányok mindegyikében 6–7-szer, hosszában a CD irányban pedig 50–60-szor kell egymás mellé raknunk, hogy megkapjuk a rostok legapróbb, egyetlen összefüggő kristályból álló darabját. Ez az oszlopszerű kristályelem kb. 5 μm széles és vastag, hosszúsága pedig 50 μm . Érdekes, hogy a szabad szemmel látható cellulózerostok hogyan épülnek fel ezekből a kristályelemekből: az elemi kristálykák rétegeket alkotnak és a kívül lévőket kéreg formájában veszik körül a belül lévőket (6. ábra). Az egyes lapok spirálisan, egymással ellentétesen csavarodnak.²

A cellulóze szerkezete sok, az ipar szempontjából fontos tulajdonságára vet fényt. Nemcsak a természetes rostok, hanem a műselyem fonalai is nagyjában ugyanilyen méretű kristályelemekből állnak, természetesen úgy, hogy a pálcikák hosszirányai legnagyobb részben a fonál irányában fekszenek. A cellulózéból készült filmekben, például a cellofánban



6. ábra. A kristályelemek elhelyezkedése a cellulóze-rostban.

a kristályelemek szintén *CD* hosszirányaikkal a film felületével párhuzamosan helyezkednek el, de egyszermind az *AC* átló iránya is benne fekszik a film felületében.

A felépítés alapján következtethetünk a cellulózekészítmények szilárdságára. Az ismert adatok szerint a cellulózerost minden mm^2 -én $4 \cdot 10^{12}$ molekulalánc fut keresztül. Ha ezeket el akaránk szakítani akkor ugyanennyi fővegyértékkötést kellene elszakítanunk. Ismeretes azonban, hogy egy fővegyérték elszakításához kb. 70 kalória kell mólonként, vagyis $5 \cdot 10^{20}$ méterkilogramm minden egyes vegyértékenként. Ebből elméletileg 800 kg/mm^2 szakítási szilárdság adódik, a valóságban azonban sokkal kisebbet tapasztalunk, aminek az oka, hogy a szakadás nem a fővegyértékláncok széttépéséből, hanem ezeknek egymáson való elcsúszásából áll. Ilyen alapon is kiszámítható a cellulóze szakítási szilárdsága. A cellulózéval a nádcukor van kémiai rokonságban, a kockacukor szakítási szilárdsága pedig a kísérletek eredménye szerint körülbelül 2 kg/mm^2 . Ha a kockacukor elszakad, akkor sem fővegyértékláncok tépődnek el, hanem a kristályelemek elcsúsznak egymás felett, ezt pedig a kohéziós erők igyekeznek megakadályozni. Feltéve, hogy a cellulóze egyes kristályelemei átlagosan félig fedik egymást, a méretekből az következik, hogy a cellulóze elszakítása alkalmával 60-szor nagyobb felületen csúsznak el egymáson a részecskék, mint a kockacukor szakítása alkalmával. Ez azt jelenti, hogy elméletben a cellulóze 60-szor nagyobb szakítási szilárdságú, mint a cukor. Tehát ezen az úton számítva 120 kg/mm^2 -nek adódik a cellulóze szilárdsága, ami elég jól egyezik a tapasztalattal. Érdekes, hogy a cellulózerostok szakítási szilárdsága mindjárt az acél szilárdsága után következik:

keményített acél	170 kg/mm^2
len	100 "
műselyem párhuzamos kristályelemekkel	80 "
műselyem szabálytalan kristályelemekkel	25 "
vörösréz	9 "
selyem	35 "
gyapot	25 "

A cellofán gyártása. A cellofán nyersanyaga vagy a gyapotmagon visszamaradt, szövésre már nem alkalmas rövid gyapotfonál, vagy a fenyőfából kalciumbiszulfitos főzéssel kapott szulfitcellulóze. Mindegyik esetben az eredeti anyagot ismételten megmossák, klórral fehéritik és szárítják. A gyapotszálakból készített cellulóze a jobb minőségű. Egyik termék sem teljesen egységes, mert a gyapotmagból nyert anyag 1 %, a szulfitcellulóze kb. 13 % lúgban oldódó, ú. n. hemicellulózét tartalmaz. A többi, közönséges oldószerekben nem oldódó cellulózét α -cellulózénak nevezik.

A tulajdonképpeni cellofángyártás első lépése a *mercerizálás*. Ez a textiliparban gyakran használt eljárás lúgos kezelést jelent és abból áll, hogy a cellulózét kb. 18 %-os nátronlúgba áztatják és a lúg feleslegét kipréselik. 100 kg-os tételekben folyik a gyártás, a visszamaradt lúgot pedig újra felhasználják, miután megtisztították az oldott hemicellulózétől. A lúg a cellulózéval valószínűleg olyan addíciós vegyületet alkot, amelyben minden cellobióze-molekularészlethez két nátriumhidroxidmolekula kapcsolódik, de az is lehetséges, hogy a nátrium a szabad hidroxidokba lép be és alkoholát képződik.

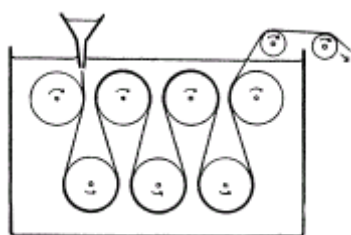
A gyártáskor a lúgot természetesen nagy feleslegben alkalmazzák. Érdekes, hogy a mercerizálásra csak a nátriumhidroxid alkalmas, de például káliumhidroxid alkalmatlan. A fölösleges lúg kipréselése után szétaprítják a terméket, az ú. n. alkalicellulózét.

A lúgos kezelést az első érlelés követi. Az alkalicellulózét 100 kg-os részletekben 2–4 napig állni hagyják 20 – $25 \text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű helyen. Ez a művelet nagyon fontos, mert ettől függ a később létrejövő cellulózeoldat belső sűrűsége (viszkozitása). Az érlelés alkalmával bizonyos mértékben oxidálódik és lebontódik a cellulóze molekulája, ezért magasabb hőfok és hosszabb idő esetében folyósabb, kisebb viszkozitású lesz a végén létrejövő oldat, hiszen a molekulák ebben az esetben apróbb részecskékre bontódnak le. A hőmérséklet $1 \text{ }^\circ\text{C}$ -kal való

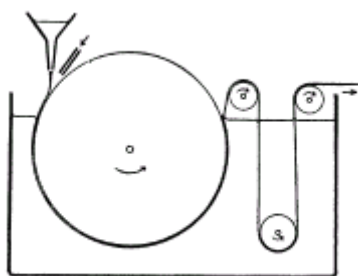
emelése ugyanakkora hatással van, mint az érlelés idejének 8–10 órával való meghosszabbítása. Túl erős érlelés tönkreteszi az anyagot, mert a lebontás nagyon erősen halad előre; amennyire lehet, nagy molekulájú anyagot kell készíteni.

Az első érlelés után következik a gyártás kémiai részének legfontosabb lépése, a cellulóze oldatának elkészítése, szénkéneg (széndiszulfid) segítségével. Forgó dobban lévő, érlelt alkalicellulózéhoz csövön bevezetnek szénkéneget; mivel az elegy melegszik, hűtéssel gondoskodnak a 25–30 C°-os hőmérsékletről. A szénkéneg közreműködése által nátriumxantogenát nevű vegyület képződik, mert a cellulóze —ONa gyökeihez kapcsolódnak a szénkéneg (CS₂) molekulái. Ilyen xantogenát-típusú vegyületek akkor jönnek létre, ha valamilyen alkohol, szénkéneg és nátronlúg kerül össze; az alkohol szerepét játszhatja —OH gyökeinél fogva valamilyen cukormolekula, vagy a cellulóze is. A cellulózexantogenát vízben oldódik, vizes oldatát nevezik a technikában *viszkoze*-nak.

A forgó dobokban 2–4 óráig keverjük az alkalicellulózét a szénkéneggel; végül narancssárga, porhanyós anyagot kapunk, amelyen még felismerhető a nyers cellulóze rostos szerkezete. 100 kg-os alkalicellulóze mennyiséghez 30–40 kg szénkéneg szükséges. A szilárd tömeg oldásához azután híg nátronlúgot használnak; az oldás 4–8 órai keverés után teljessé válik és az oldatban ekkor már nem ismerhető fel a rostos szerkezet. A folyadékot nyomás mellett szűrik és vákuumban eltávolítják belőle az oldott levegőt, mert később, öntés közben igen káros volna a buborékképződés. A szűrés után második érlelés következik szintén



7. ábra. A hárták öntése az úgynevezett cellofán-eljárás szerint.



8. ábra. A hárták öntése az úgynevezett transparent-eljárás szerint.

pontosan megszabott körülmények között, rendszerint 4–7 napig 20 C°-on. Ezalatt megváltozik a xantogenát-molekularészek és a szőlőcukorgyűrűk számbeli aránya a cukor javára. A legjobb, ha az érlelés végén az oldott anyagban a nátrium, kén és szőlőcukorgyűrű aránya 1 : 2 : 4. Ezzel a belső sűrűlódás növekedése jár, hiszen ez a molekula csak részben xantogenát, sokkal nagyobb hányadban cellulóze.

A kész érlelt oldat, a viszkoze sűrű, olajos, barnás vagy vörössárga, kissé kénhidrogénszagú folyadék. A belső sűrűlódása nagy és erősen függ az érlelések lefolyásától. 6–8 % cellulózét és kb. 8 % nátriumhidroxidot tartalmaz, kémiai szempontból kolloid oldat. Melegen gyorsan bomlik. Savak hatására kicsapódik belőle a cellulóze, nem pedig a xantogenát-vegyület, ezért a gyakorlatban a cellulóze oldatának szokták nevezni, holott tulajdonképpen a xantogenát oldata. A savak hatására kicsapódó termék azért szigorúan véve nem az eredeti cellulóze, hanem a vele nagyon rokon cellulózehidrát.

A cellulóze oldatának, a viszkózénak a feldolgozása már nem annyira a vegyész, mint inkább a gépészmérnök feladata. Itt válik ketté a műselyemgyártás és a cellofán előállítás. Ha a viszkózét finom fonál alakjában csapják ki, akkor műselyemszálat kapnak, ha pedig lapok, fóliák formájában,

akkor cellofánt. Kémiaailag a két anyag azonos. A kicsapást úgy végzik, hogy a viszkózét hosszú, keskeny nyílásból híg kénsavval, ammóniumklorid vagy ammóniumsulfát oldatával telt kádba csurgatják. Ekkor kiválik a cellulóze, illetőleg hidrátja és vékony hártát, fóliát vagy filmet alkot. Kétféle öntési eljárás van. A cellofán-eljárás szerint a viszkoze az öntőnyílást a sav felszíne alatt hagyja el és a cellulóze először mint kocsonya válik le, amelyet rögtön forgó hengerek vesznek fel (7. ábra). A megszilárdult hártya a savas oldat belsejében néhány vékonyabb hengeren szalad végig, azután elhagyja ezt a tartályt. A transparenteljárás

szerint a viszkóze még a levegőben csurog egy 2 méter átmérőjű forgó henger felszínére és csak a henger felületére tapadva merül bele a kicsapó oldatba (8. ábra). A henger egy körülfordulása után már teljesen szilárd a hártya, ezért csak lazán vezetik tovább a többi hengeren. Az ábrán nyíllal megjelölt helyen a fólia alá is savas oldatot fecskendeznek, hogy mindkét oldalán megszilárduljon.



9. kép. Sütemények cellofán-csomagolásban. — IFJ. KUNFALVI REZSŐ felvétele.

A kicsapott fóliát nagyon sok forgó hengeren, sok folyadékkal telt kádon vezetik keresztül. A kicsapó oldat után savtalanító vizes mosás, nátriumsulfidoldat vagy nátronlúg a kén eltávolítására, azután gyengén savas, majd vizes mosás következik. A továbbfutó fólia fehérítő nátriumhipokkoritoldatba, tiszta vízbe, híg sósavba, újra vízbe, szódaoldatba, majd glicerinbe kerül. Ez utóbbi puhántartásra, a teljes kiszáradás megakadályozására való. Végül meleg hengerekből álló szárítószerkezeten megy végig a hártya és utoljára felcsavarják a szállítás céljára. Az öntőhelyiség hosszú csarnok, ahol a hártya 15–20 edényen is keresztülfut, miközben néhány száz forgó hengeren vezetik végig. A nagy gépezet egyik oldalán állandóan beletöltik a viszkózét, a másik oldalon felcsavarják a kész fóliát. A hengereket motorok forgatják, de itt az a nehézség merül fel, hogy a hártya készítés közben szélességében erősebben, hosszában kevésbé zsugorodik össze, tehát megrövidül. A zsugorodás elérheti az 50 %-ot is, ezért, ha nem veszik figyelembe, az anyag a gépezetben való továbbszállítás közben elszakadna. A későbbi hengereket mindig lassabban és lassabban forgatják, hogy egyenletesen továbbíthassák a hártát. Külön berendezések szolgálnak arra, hogy a későbbi tengelyek mindig lassabban és lassabban forogjanak, sok esetben pedig a tengelyeket külön elektromos motorok forgatják. Rosszul beállított forgási sebességek a hártya egyenetlenségét vagy szakadását vonják maguk után. A hártya vastagságát az öntőrés szélességével és a hengerek forgási sebességével szabályozzák: keskenyebb rés vagy gyorsabb forgás vékonyabb hártát hoz létre. A hengerek tükörfényes, nem rozsdásodó acélból (V2A, V4A) készülnek. Nagyon érdekes az öntőgép megindítása. Ilyenkor először egy szalagot visznek végig az összes hengeren és erre öntik a viszkózét, amíg a gép minden része egyenletesen, szabályosan forog.

Sok esetben a kész cellofánt még külön is kezelik. Minthogy víztől duzzad, gyakran bevonják $1\ \mu$ vastagságú nitrocellulóz (kollodium)-lakkal és így érzéketlenné teszik a vízzel szemben. (Német nevük wetterfest-fólia.) A hárták felületét préseléssel selymessé,

vászszerűvé, az egész fóliát pedig festőanyag belekeverése által színessé tehetik. Ha bárium-szulfát van benne, a cellofán átlátszatlan lesz. A hátyára szöveget vagy díszítményeket nyomtathatunk. Felületét érdekessé tehetjük, kreppelhetjük, homályosíthatjuk, amikor is alkalmassá lesz az írás számára. Végül papírra, fára, fémre, bőrre préselhetjük és így fényes, erős lemezeket kaphatunk (ú. n. kasírozás).

A kicsapott cellulózéból álló hátyák cellofán, traszparit, heliocell, sidac stb. neveken kerülnek forgalomba. De készítenek hasonló hátyákat acetilcellulózéból is, amelyeket acetofán, ultrafán, transzparenta stb. néven hoznak forgalomba. Röviden meg kell ismernünk ezeknek az ú. n. acetátfóliáknak az előállítását is.

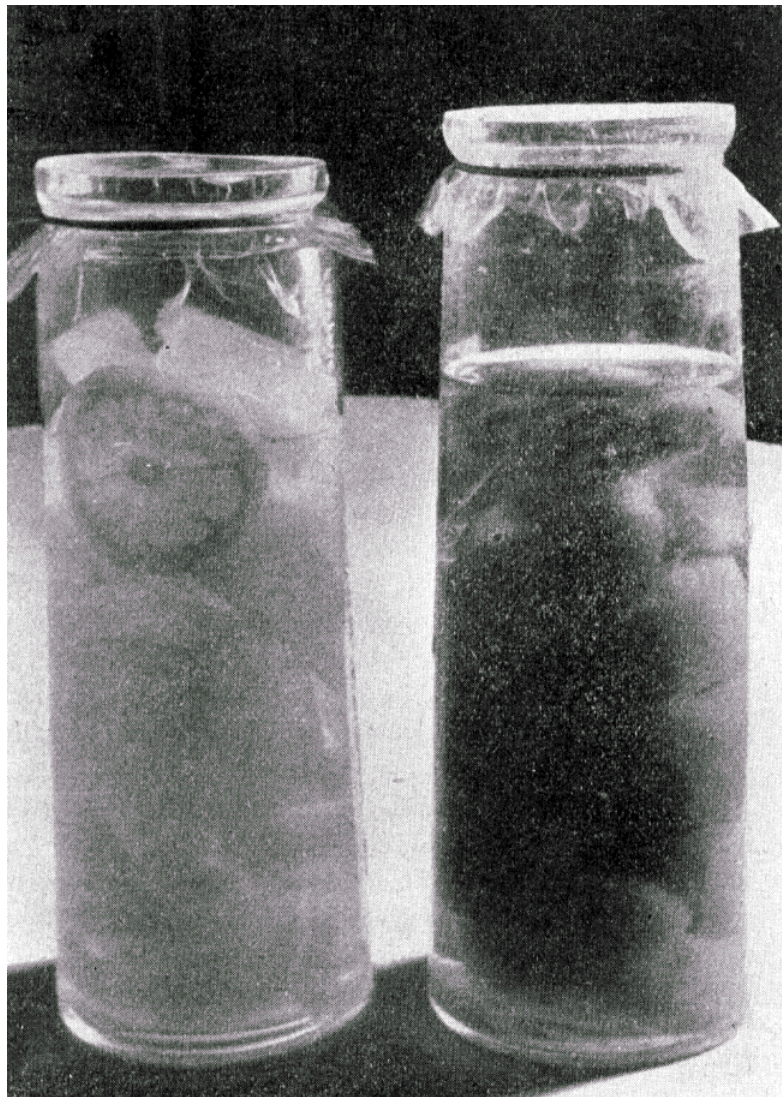


10. kép. Tésztaáru cellofán-csomagolásban. — IFJ. KUNFALVI REZSŐ felvétele.

Az acetilcellulóze a cellulóze észtere, vagyis olyan vegyület, amelyben a cellulózét és acetilgyököt egy oxigénatom köti össze. Rendszeresen a cellulóze minden egyes hidroxidjába belép az acetilgyök, tehát minden szőlőcukorra három acetilgyök jut és ú. n. triacetát keletkezik. Ez a triacetát nem oldódik vízben, de kloroformban jól oldható. Olyan módon gyártják, hogy a gyapotszálakat (lintert) ecetsavanhidriddel, jégecettel és tömény kénsavval 2–6 óráig állni hagyják; ekkor az acetilgyökök a cellulóze molekulájához kapcsolódnak. 20 kg gyapothoz 70 kg ecetsavanhidrid, 70 kg jégecet és 2 kg tömény kénsav kell. Ha már letelt az előírt idő, akkor vízzel való hígítás által kicsapják a vízben nem oldódó triacetátot. Ezután a triacetátot részleges hidrolízis által kloroformban nem oldódó szekundér acetáttá alakítják át olyan módon, hogy addig kevernek 100 kg triacetátot 250 kg tömény salétromsavval és 1250 liter vízzel, amíg kloroformban oldhatatlanná válik. A szekundér acetát aceton-alkohol keverékében való oldata a gyártás alapanyaga, de még kevés puhántartásra való anyagot kevernek hozzá. A kémiai technológiában használatos szerek közül lenolajat, ricinusolajat,

ftálsavas észtereket használhatunk. A cellulózeacetát aceton-alkoholos oldatát hengereken futó fémszalagra öntik, az oldószer elpárolog és visszamarad az acetátfólia. Hasonló módon készül az acetát-műselyem is. Az acetátfólia nagy előnye, hogy már külön kezelés nélkül is érzéketlen a vízzel szemben. Néhány gyár zselatinból is önt hártákat (klarofán, novo-heliofán); ezek azért előnyösek, mert préseléssel dobozokká alakíthatók és zsír számára teljesen átjárhatatlanok.

A cellofán tulajdonságai. A cellofán papírhoz hasonlóan ívekben kerül forgalomba. Mivel az öntőgép 95 cm széles tekercest állít elő, a szokványos ívnagyság 95×100 cm. A lemezek vastagságát rendszerint nem milliméterekben adják meg, hanem az 1 négyzetméteres lap grammokban mért súlyával jellemzik. A legvékonyabb fajta 0,02 mm vastagságú és négyzetméterenkénti súlya 30 gramm. A gyártott vastagságok század mm-kint növekednek egészen 0,17 mm-ig, amikor is 240 gramm minden egyes négyzetméter súlya. Rendelésre félmilliméteres lemezeket is gyártanak.



11. kép. Befőttesüvegek elzárása cellofánnal. — IFJ. KUNFALVI REZSŐ felvétele.

A méretek után a mechanikai sajátságok a leginkább figyelemre méltóak, hiszen a cellofán legelső sorban mint csomagolóanyag szerepel. A szakítási szilárdságot olyan szakítógéppel vizsgálják meg, amelybe 10 cm hosszú és 1,5 cm széles cellofánszalagot foghatunk be; a gép feljegyzi az elszakításhoz szükséges erőt, valamint a szakításig létrejövő

megnyúlást. Érdekes, hogy a viszkóze-hártyák szakítási szilárdsága elég nagy mértékben függ az iránytól: a cellofánívek hosszában mérve $8,8 \text{ kg/mm}^2$, széltében $6,7 \text{ kg/mm}^2$. A szakításkor létrejövő megnyúlás hosszában húzva 15 %, széltében húzva 27 %. Tehát a hártyák sokkal erősebbek hosszában, vagyis abban az irányban, amelyben végigmentek az öntőgép hengerei között. Az öntés alkalmával rendeződnek a molekulák, mert a hosszú cellulózemolekulák úgy helyezkednek el az áramló folyadékban, hogy lehetőleg párhuzamosak legyenek az áramlás irányával; amikor aztán a réteg megszilárdul, ez a rendeződés jórészt megmarad. Mindez csak a viszkózehártyákra igaz, mert a cellulóze-acetából készült hártyák szakítási szilárdsága és nyúlása mindkét irányban majdnem teljesen egyforma: körülbelül $6,8 \text{ kg/mm}^2$ és 17 %. Az egyszerű szakítási szilárdságon kívül az összetettebb mechanikai sajátságok is fontosak. A vizsgálat alkalmával a cellofánhártyákat 10 cm-es keresztmetszetű csövekre kötik rá, mint a befőttesüvegekre és sűrített levegő befújásával kipukkantják, közben pedig feljegyzik a szakításhoz szükséges nyomást és a cellofán kigömbülését. 0,03 mm vastagságú fóliák esetében 2,4 atmoszférás nyomás szükséges a beszakításhoz és 8 mm a kigömbülés. Azt is megpróbálták, hogy félkilós súllyal terhelten hányszor hajlíthatók be a hártyák; a viszkózekészítmények körülbelül 6000, az acetátosak körülbelül 150 hajlítást bírtak ki. Ebből a szempontból a viszkózehártyák vannak előnyben.

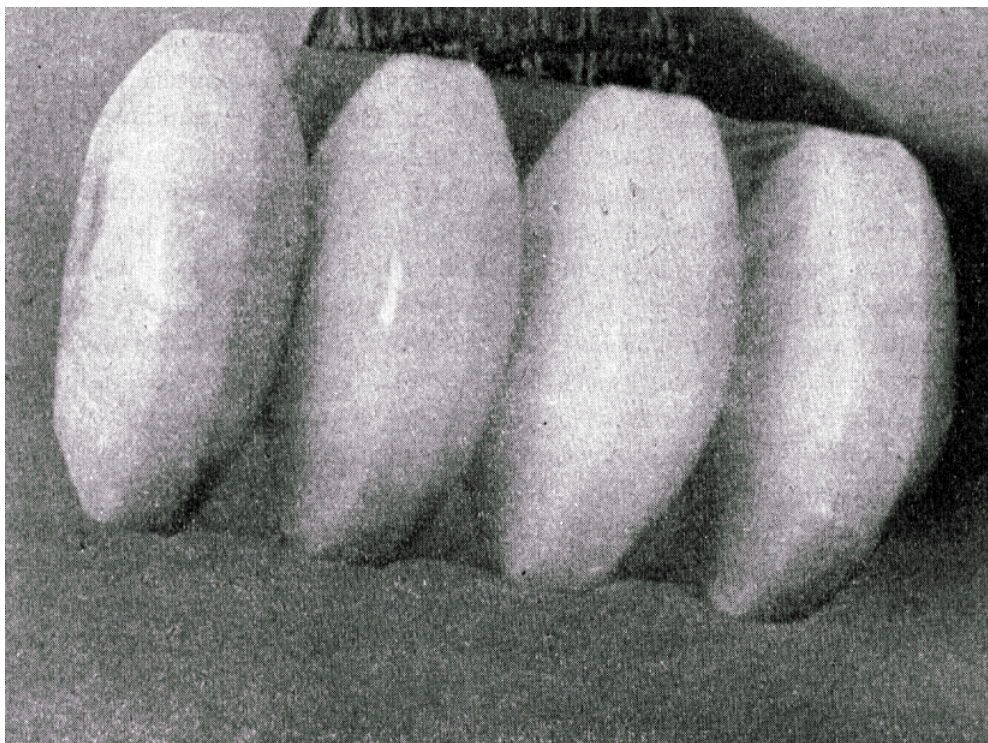
A cellofán nevezetes tulajdonságai között tartozik a levegővel és vízzel szemben való viselkedése. Levegőt áteresztőképessége majdnem semmi; 10 cm^2 területű hártya 10 cm magasságú vízoszlop nyomása következtében 1 óra alatt csak 10 cm^3 levegőt enged át. Ez azt jelenti, hogy a szagokkal szemben is véd, mert a légnemű, szagot okozó anyagok sem tudnak rajta keresztülhatolni. Még kevésbé mehet át rajta a por, ezért egyszerre mind tökéletesen véd a portól. A nitrocellulózéval bevont hártyák vagy a cellulózeacetátkészítmények a vízgőzzel szemben is tökéletesen zárnak. A cellofán a forró vízben sem oldódik fel, csak megduzzad a víztől; a védőrétegesek, vagy az acetátból készült hártyák víz hatására még csak meg sem duzzadnak. Acetonban, jégecetben és sok szerves oldószerben oldódik a cellulóze-acetátból készült hártya, de nem oldódik a viszkózéból előállított cellofán. Erről a tulajdonságról a cellofán-gyártmányok fel is ismerhetők. Zsírral, olajjal szemben mindenfajta cellofán jól zár, ami értékes tulajdonság a csomagolás szempontjából. Azonkívül nem tapad a kézhez, nem ragad, nem penészedik és nem rothad. Meggyújtva sem robban, hanem csak lassan ég el a celluloidra jellemző veszedelmes lobbanás (szúróláng) nélkül. Meggyújtással is megállapíthatjuk egy mintáról, hogy viszkóze vagy acetátkészítmény-e, mert a viszkózehártya szagtalanul, kis lánggal ég el, az acetátfólia inkább olvad, mint ég, miközben ecetszag érezhető.

A cellofán egyik legértékesebb tulajdonsága az átlátszóság. A fényátbocsátás alkalmával fellépő fényvesztés teljesen jelentéktelen, az átlátszóság szinte 100 %-os. Különösen nevezetes, hogy nemcsak a látható fényvel szemben nagy az átbecsátóképesség, hanem ultraibolya sugarak esetében is. Ez azért nevezetes, mert ennek alapján cellofánablakokat készíthetnek szanatóriumokban, kórházakban és olyan lakásokban, amelyekben egészségi okokból kívánatos az ultraibolya sugarak jelenléte.

Végül meg kell említenünk, hogy a cellofánhártyáknak nagy az optikai kettőtörése. Keresztezett nikolok között vagy turmalinfogóban a látómező kivilágosodását okozzák. Fehér fény esetében színek jelennek meg. A kettőtörésnek az a magyarázata, hogy a hosszú, láncszerű cellulózemolekulák nagyjában rendezetten, a felszínnel és az öntési iránnyal párhuzamosan helyezkednek el a hártyában. Ha cellulóze oldatát keverjük és keverés közben vizsgáljuk meg keresztezett nikolok között, szintén kettőtörést tapasztalunk, mert az áramló folyadékban úgy helyezkednek el a hosszú molekulák, hogy párhuzamosak legyenek az áramlás irányával.

A cellofán felhasználása. A cellofán annak köszönheti nagy és gyors elterjedését, hogy elsőrangú csomagolóanyag. Talán fel sem tudjuk sorolni, milyen sok élelmiszert csomagolnak

átlátszó cellulózhártyákba, de a cellofán alkalmazási területe ma is mindig jobban és jobban bővül. Cukorka, csokoládé, tésztaáru, makkaróni, kávé, tea, fűszer, szárított gyümölcs sokkal mutatósabb, ha ízléses cellofán-zacskóban hever a kirakatban, mintha fiókból kaparják elő. De sütemény, kétszersült, sajt, vaj, füstölthús, sonkászemle, sült hal is szebbek cellofán-csomagolásban, mert a vevő látja, mit vesz, e mellett azonban az árut sem érheti por vagy piszok. Ilyen célokra a cellulózhártyák zacskó formájában is kaphatók, esetleg az áru vagy a cég jelzésével. A cellofán tökéletesen porzáró, ha pedig védőhártyával vonták be, vagy acetátból készült, akkor a gőzök sem mehetnek rajta keresztül és sem az áru szaga ki nem mehet, sem pedig idegen anyag szaga nem férhet hozzá. Mivel az ilyen csomagolás vízgőzőket, vagyis a nedvességet sem engedi keresztül, ezért az élelmiszerek nem száradnak ki, belőlük sók, oldott anyagok nem kristályosodhatnak ki és az áru el sem folyósodhatik. Cellofánba csomagolt dohányáru megőrzi eredeti nedvességtartalmát és az így csomagolt szappan sem száradhat ki. Nagyobb méretű tárgyak részére külön tartályok készülnek, esetleg más, erősebb anyagból való tartóvázzal együtt. Így árusítanak levágott és tisztított baromfit, egész kalácsot vagy tortát. Cellofánba csomagolt spárga nagyon sokáig megmarad élvezhető állapotban. Erősebb, védőréteges cellofántartályba a megolvasztott zsírt vagy margarint azonnal, folyósan, beleönthetjük. Mindegyik esetben a cellofán „*segít eladni*”, mert szebbé és kívánatosabbá teszi az árut. Nagyon nedves vidékeken, trópusokon csak a nedvesség iránt érzéketlenné tett cellofán vagy az acetátfólia használható. (9., 12. ábra.)



12. kép. Szappan cellofán-csomagolásban. — IFJ. KUNFALVI REZSŐ felvétele.

Gyakran szerepel a cellofán mint üveget vagy dobozt elzáró anyag. Ma már mindenki ismeri a befőttesüvegek elzárására való cellofánhártyákat; a háziasszony szivaccsal vagy bemártással nedvessé teszi a hártyát és az üveg szájára húzza. A hártya szélét vékony gumikarikával kell leszorítanunk, megszáradás után a cellofán feszes hártyát alkot és a beföttet csiramentesen elzárja. Természetesen ugyanígy zárhatunk el tejes vagy joghurtos üvegeket is. Orvosságos vagy illatszeres üvegek elzárására cellofánkupakot gyártanak; ezeket pontos méretben, nedvesen húzzák a dugóra; kiszáradás után feszes, tökéletesen záró kupak jön létre. Átlátszó vagy átlátszatlan, fehér vagy színes kivitelben minden méretben kaphatók

ilyenek, valamint dobozok vagy borítékok is átlátszó ablakkal. Cukorka- vagy cigarettadobozok belsejébe elzárólap céljaira színes, préselt mintás vagy felírtos hárttyák is készülnek. Kötszeres, orvosságos dobozok cellofánburkolata a steril elzárást és a felbontatlanságot bizonyítja. A nitrocellulózréteg nélküli viszkozehárttyák acetonos celluloidoldattal ragaszthatók. Az acetátfóliák is ragaszthatók acetonnal. Vannak olyan gyártmányok is, amelyek melegítéssel ragaszthatók.

Kevésbé ismeretes, hogy a cellofánt fel lehet használni a molyok ellen való védekezésben is. Kaphatók olyan cellofánzsákok, amelyekbe beletehetjük az egész ruhát és így helyezhetjük a szekrénybe; a moly nem férhet a ruhához, a naftalin vagy globol kellemetlen szaga sem zavar. Virágcsokor is jobban áll el ilyen zsáokban, mert nem száradhat ki. Nagyobb üzemek néha cellofánborítékokban készítik elő a fizetéseket, mert így felbontás nélkül megszámlálhatók és ellenőrizhetők. A vizes fényképnegatívról rögtön vizesen másolatot készíthetünk, ha cellofánhárttyát fektetünk rá. Diapozitívok rajzolására, fényképmásolások alkalmával feliratok beiktatására is alkalmasak ezek a fóliák. Cellofánra géppel írhatunk és az írást mint diapozitívot kivetíthetjük, átlátszó milliméterpapírra vetíthető ábrákat rajzolhatunk, azonkívül a színes hárttyákat mint a vetítés segédeszközait használhatjuk. Van cellofánból készült védőszemüveg, átlátszó képsarok albumok számára, szemre való védő, amely megakadályozza, hogy fejmosáskor szappanos víz csurogjon a szemünkbe és csípjén. Kalácsütés előtt a tepsibe rakott fólia megkönnyíti a sült kalács kiemelését. A cellofánból készült műbél egyenletes, higiénikus, átlátszó. Elképzelhetjük, hogy az átlátszó héjú kolbászt mennyivel szívesebben fogadják a vevők. Németországban a természetes bélbehozatalának csökkentése érdekében a cellofánbél igen terjesztik. Élelmiszereken kívül harisnyák, kisebb textilárúk, fényképezőgépek és más precíziós műszerek alkatrészei, hangszerek kellékei, fényképezőlemezek és klisék csomagolhatók cellofánba a pormentes elzárás érdekében. Szépek a cellofánra nyomtatott röpcédulák, étlapok. A cellofán hulladéka, az úgynevezett transzparentgyapot, a fagyapot helyett használható szép csomagolóanyag. Értékes rajzok megvédhetők cellofánburkolattal. Viszont könyvek beburkolása rendszerint nem jár sikerrel, mert idővel a burkolat bereped.

A technika sok esetben szintén felhasználhatja a cellofánt. Szerepelhet a mélynyomásban mint átvivő fólia. Vannak sárga hárttyák, amelyek szükség esetén az autó lámpájára ragaszthatóak, ami ködben előnyös. Gumicső belsejébe védő cellofáncsövet helyezhetünk, azonkívül tartókat készíthetünk belőle rádiótekercecsek számára. Hangszóró hárttyája szintén készülhet belőle. Kartonra préselt, úgynevezett kasírozott cellofánból edények készülnek. Előfordult már az is, hogy repülőgép szárnyfelületét vonták be cellofánnal, mert a sima felület csökkenti a levegő ellenállását. Állomásokon a kifüggesztett menetrendívekre préselnek cellofánt, hogy ne piszkolódjanak be és ne menjenek hamar tönkre. A cellofán igen jó dializáláhárttya; diffúziós kísérletekre, az ozmózisnyomás kimutatására nagyon jól használható.

Végül meg kell említenünk, hogy a kémiai technológiának ezt az új anyagát a divat is alkalmazza és mindig gyakrabban hallunk cellofánruhákról.

¹ Az 1935. évi Rauer-pályázaton jutalmat nyert dolgozat.

² A cellulóze szerkezetét FREUDENBERG, STAUDINGER, MEYER, MARK, ANDRESS, POLÁNYI kémiai és röntgenfizikai vizsgálatai alapján ismerjük ilyen pontosan.