
MAGYAR KÉPZŐMŰVÉSZETI EGYETEM

DOKTORI ISKOLA

KÍSÉRLETI MÓDSZER ISMERTETÉSE A SAVAS LEBOMLÁS
KÜLÖNFÉLE STÁDIUMAIBAN LÉVŐ CELLULÓZ-NITRÁT ÉS
CELLULÓZ-ACETÁT ALAPÚ FILMHORDOZÓK SAVTARTALMÁNAK
SEMLEGESÍTÉSÉRE, BOMLÁSI FOLYAMATAIK LASSÍTÁSÁRA

DLA MESTERMUNKA

A
MÚLT ÉS JELEN
„Pillanatképek” a XX. századból

CÍMŰ DLA ÉRTEKEZÉS ÖNÁLLÓ FEJEZETE

KÉSZÍTETTE: PAPP JUDIT

2014

TÉMAVEZETŐ: DR. HABIL, DLA MENRÁTH PÉTER
NYUGALMAZOTT EGYETEMI TANÁR
PROFESSZOR EMERITUS

Mestermunkám témája szervesen kapcsolódik DLA értekezésemhez, amely a XX. századi fotográfiában, széles körben alkalmazott cellulóz-nitrát és cellulóz-acetát alapú filmhordozók történetét, károsodásait és konzerválásuk lehetőségeit részletesen tárgyalja. A cellulóz-nitrát és cellulóz-acetát kémiaiilag instabil anyag. A természetes öregedésiüket kísérő lebomlási folyamatok során felszabaduló salétromsav, nitrogén-oxidok, illetve ecetsav az idő és a tárolási körülmények függvényében gyorsíthatják károsodásukat. Mai tudásunk szerint ez a folyamat csupán lassítható, a filmek számára megfelelő körülmények biztosításával.

Mestermunkámban kidolgoztam egy, a cellulóz-nitrát és cellulóz-acetát filmhordozók savtartalmának közömbösítésére alkalmas új eljárást, ami a későbbiekben alapját képezheti további, a gyakorlatban is alkalmazható, a filmek savasságának csökkentésére alkalmas módszer(ek) kidolgozásának.

1. KÍSÉRLETI MÓDSZER ISMERTETÉSE A SAVAS LEBOMLÁS KÜLÖNFÉLE STÁDIUMAIBAN LÉVŐ CELLULÓZ-NITRÁT ÉS CELLULÓZ-ACETÁT ALAPÚ FILMHORDOZÓK SAVTARTALMÁNAK SEMLEGESÍTÉSÉRE, BOMLÁSI FOLYAMATAIK LASSÍTÁSÁRA

1.1. A filmhordozók semlegesítésének elmélete

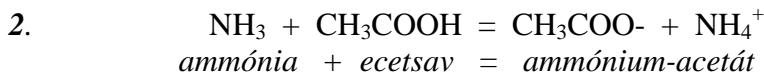
1.1.1. A semlegesítési módszer alapja

Az elvégzett kísérletek azon az elgondoláson alapulnak, hogy a savas lebomlás különböző stádiumaiban lévő cellulóz-nitrát és cellulóz-acetát filmhordozók kémiai stabilitása növelhető a savas bomlástermékek vegyi közömbösítésével, illetve esetleges eltávolításával, és így az eredeti, már bomlásnak indult dokumentumok megmenthetők. Ennek a hipotézisnek az alapját a savas papírok konzerválásában használt közömbösítési eljárások képezik. Ugyanakkor, mivel a papír és a cellulóz-észterek nedvesedési, hidrofilitásbeli tulajdonságai nagyban különböznek egymástól, így az alkalmazható közömbösítési eljárások lényegesen eltérőek lehetnek. A cellulóz-nitrát és a cellulóz-acetát (a cellulóz alkoholos hidroxil-csoportjainak észterezése miatt) alapvetően hidrofób, vizes fázissal nem nedvesíthető filmek. A bomlási folyamat ezek belsejében játszódik le. Ugyanakkor a savas lebomlás során keletkező eltávolítandó anyagok, mint a salétromsav, a nitrogén-oxidok, illetve az ecetsav diffúzibilis molekulák, amelyek megfelelő bázisokkal közel semleges sókat képezhetnek. Ezeknek a keletkezett sóknak a lebomlási folyamatra való hatása előreláthatóan lényegesen kisebb, illetve elhanyagolható a filmben lévő szabad savéhoz (salétrom-, illetve ecetsav) képest, és a hordozóból potenciálisan el is távolíthatók.

1.1.2. A közömbösítési reakciók, az alkalmazható reagensek

Tekintettel a cellulóz-nitrát és a cellulóz-acetát hidrofób jellegére, a bennük felhalmozódott savas bomlástermékek közömbösítéséhez olyan hidrofób tulajdonságú anyagot kell választani, amely diffúzió révén képes behatolni a film anyagába. Kémiai tulajdonságaikat tekintve erre a feladatra különböző kis molekulatömegű szerves aminok, illetve az ammónia lehetnek alkalmasak. Gáz-, illetve gőzfázisban, vagy megfelelő oldószerekben feloldva ezek az anyagok képesek bejutni a cellulóz-nitrát és a cellulóz-acetát anyagába, ahol a jelenlevő salétrom-, illetve ecetsavval közömbösítési reakcióba léphetnek.

A reakciótípus a trimetil-amin salétromsavval (1.), illetve az ammónia ecetsavval (2.) történő reakciójával szemléltethető:



Ez a reakciótípus a savak protonjának megkötésével jár. Mivel így a savkatalizált bomlási reakcióban résztvevő katalizátor (salétrom-, illetve ecetsav) ammónium-, illetve alkilammóniumsó formájában közömbösödik, a katalizátor semlegesítése a lebomlási folyamat gátlásához vezethet. A semlegesítő anyag (például ammónia) gőzfázisban történő alkalmazása előnyös lehet az emulziós réteg megóvása szempontjából.

Az ammóniás kezelés hatékonysága a cellulóz-nitrát stabilizálására már korábban megállapítást nyert. Az *Industrial & Engeneering Chemistry* 1947-es számában publikált tanulmányok, többek között Richard E. Reeves és Joel L. Giddens *Mechanism of Ammonia Stabilization of Cellulose Nitrate* című cikke¹ a lögyapot stabilizálását ismerteti. Ugyanakkor, ismereteim szerint cellulóz-nitrátra, illetve cellulóz-acetátra, mint filmhordozóra ez a módszer eddig még nem került kidolgozásra. Az általam ismert szakirodalomban nem találtam említést sem pozitív, sem negatív eredményekkel kapcsolatban, valamint olyan hivatkozást sem, ami arra utalna, hogy ez a módszer valaha is kipróbálásra került volna filmek esetében.

A megvalósított kísérleti munka két részből áll. Az első részben kidolgoztam a cellulóz-nitrát és cellulóz-acetát filmek savasságának pH-mérését. Ez lehetővé teszi a filmek savasságának objektív vizsgálatát, és a közömbösítési kezelések hatásának ellenőrzését.

A második részben a lebomlási folyamatok különböző stádiumaiban lévő nitrát- és acetátfilmek közömbösítési eljárásait vizsgáltam. Kidolgoztam a gőzfázisú kezelés technikáját, valamint vizsgáltam a közömbösítéshez használható anyagok (ammónium-hidroxid, trietil-amin) hatékonyságát. Mivel előkísérleteim eredményei azt mutatták, hogy az ammónium-hidroxid hatékonyabb a trietil-aminnál, így ezután vizsgáltam az ammónium-hidroxidos, gőzfázisú kezelések időtartamának, valamint az ammónium-hidroxid koncentrációjának hatását a közömbösítési reakció hatékonyságára. Ennek célja a kezelések körülményeinek optimalizálása volt. A kísérleteket a savas lebomlás különböző stádiumaiban lévő cellulóz-nitrát és cellulóz-acetát filmekben egyaránt elvégeztem. A munkámhoz használt filmhordozók sem fotográfiai, sem kulturális értékkel nem bírtak. A kísérletek során a filmek savasságának változásával párhuzamosan, a kezeléseknél a filmekre gyakorolt egyéb, vizuális úton megfigyelhető hatását is vizsgáltam. Így lehetővé vált olyan kezelési módok kidolgozása, amelyek csökkentik a filmek savasságát, ugyanakkor nem károsítják a filmhordozó, illetve az emulzió anyagát.

1.2. A savasság és a pH fogalma, az üvegelektrodás pH-mérés

1.2.1. A savasság

A savasság fogalmán vizes oldatok hidrogén-ion (H^+) koncentrációját értjük. Az oldat savassága a H^+ -koncentrációval arányos. A tiszta desztillált víz H^+ -koncentrációja $\sim 10^{-7}$ M

¹ Reeves, R. E., Giddens, J. E.: *Mechanism of Ammonia Stabilization of Cellulose Nitrate*, In: *Industrial & Engineering Chemistry*, Vol. 39, No.10, 1947, pp. 1303-1306

(100nM) körüli. A gyakorlatban a desztillált víz általában ennél enyhén savasabb, elsősorban a levegőből megkötött szén-dioxidból a vízben keletkező gyenge sav (szénsav = H_2CO_3) következtében. Ez a hatás azonban a gyakorlatban, a vizes oldatok savosságának mérésekor elhanyagolható.

1.2.2. A pH fogalma

A pH-érték definíció szerint a vizes oldatok hidrogén-ion koncentrációjának ($M=\text{mol/liter}$) a tízes alapú negatív logaritmus. A tiszta desztillált víz (melynek H^+ -koncentrációja 10^{-7} M), pH-ja 7 ($-\log_{10}10^{-7} = 7$), az ennél savasabb oldatok pH-ja 7 alatti, a lúgosabb oldatok pH-ja 7 feletti érték. Vizes oldatok pH-ja általában 0 és 14 között változik. Ez azt jelenti, hogy a H^+ -koncentráció 14 nagyságrenden belül változhat 1M (pH=0) és 0.000000000000001 M (pH=14) között.

A pH mértékegység alkalmazása azért hasznos, mert egy 14 nagyságrendet felölelő koncentráció skála helyett a gyakorlatban egyszerűbb egy 0 és 14 közötti skálával dolgozni, az értékeket kifejezni, azokat ábrázolni és összehasonlítani. Közömbös kémhatású oldatok pH-értéke megállapodás szerint pH=7,0; ez a frissen desztillált víz pH-jának felel meg. A pH skálán egy egységnyi különbség tízszeres H^+ koncentrációkülönbséget jelent.

A jelen munkában mért pH-értékek a 3-8 tartományba esnek. A pH-értékeket és az ezeknek megfelelő H^+ -koncentrációkat a **1. ábra** foglalja össze.

pH-érték	H^+ -koncentráció
3 =	1 mM = 0.001 mol/L (1 mol H^+ = 1g)
4 =	0.1 mM = 0.0001 mol/L
5 =	0.01 mM = 0.00001 mol/L
6 =	0.001 mM = 0.000001 mol/L
7 =	0.0001 mM = 0.0000001 mol/L
8 =	0.00001 mM = 0.00000001 mol/L

1. ábra: pH 3-8 értékeknek megfelelő H^+ -koncentrációk

1.2.3. A pH mérése

Vizes oldatok savosságát pH-üvegelektroda segítségével mérhetjük. Az elektródát a vizes oldatba merítjük. Ekkor az elektróda üvegének a felületén hidrogén-ionok (H^+) kötődnek meg. A megkötött H^+ mennyisége arányos az oldat H^+ koncentrációjával (pH-jával). Az elektródán a megkötött H^+ hatására elektromos feszültség keletkezik. Mivel ez arányos a megkötött hidrogén-ionok mennyiségével, a feszültség mérésekből következtetni lehet az oldat savosságának mértékére. A modern pH-mérő berendezések a mért feszültséget automatikusan pH-értékre konvertálják, amely a készülék kijelzőjéről leolvasható.

A gyakorlatban a pH-mérés úgy történik, hogy a mérés előtt az elektródát desztillált vízzel leöblítjük, a vizet papírtörllével felitatjuk és az elektródát az oldatba merítjük. Mivel az elektróda nem pillanatszerűen köti meg a H^+ -kat, a pH-értéket akkor olvassuk le, amikor a kijelző már stabil értéket mutat. Ez általában 10-20 másodperc alatt bekövetkezik. Egymást követő mérések között fontos az elektródát desztillált vízzel leöblíteni, így a mérést nem befolyásolja az előző oldatból esetleg az elektródán maradt minta pH-ja. Mérés előtt az

elektrodát kalibráljuk: az elektrodát ismert pH-jú, gyárilag beállított kalibráló oldatba helyezzük és „kalibráció” üzemmódban a kijelzőn megjelenő értéket a kalibráló oldat nominális pH- értékére állítjuk be. Ez az eljárás általában pH=3,0, illetve pH=7,0 és pH=10,0 kalibráló oldatokkal történik attól függően, hogy az elvégzendő mérések a savas, vagy a lúgos tartományba esnek-e.

Lényeges a pH-elektroda helyes tárolása a megbízható mérések elvégzése érdekében. Az elektroda nem száradhat ki, mert ez csökkentené felületének H⁺-megkötő képességét. Ezért a mérések között az elektrodát ezüst-kloriddal telített, tömény kálium-klorid oldatba merítve tároljuk.

1.3. A cellulóz-nitrát és a cellulóz-acetát filmek savtartalmának mérése. A nitrát-koncentráció meghatározására szolgáló tesztsík működési elve

1.3.1. A vizsgálandó és kezelendő filmminták kiválasztása

A közömbösítési módszer kidolgozásához a savas lebomlás első és második stádiumában lévő filmeket választottam ki.² A rendelkezésemre álló cellulóz-nitrátos és cellulóz-acetátos filmhordozók állapotát vizuális úton, valamint az ecetsav, illetve a salétromsav szag erőssége alapján állapítottam meg (**1. táblázat**). A lebomlásnak ennél előrehaladottabb stádiumaiban lévő filmeket részletesen nem vizsgáltam, mivel az ilyen filmek esetében a savas bomlástermékek már az emulzióréteget is irreverzibilisen károsították, és nedvesség hatására annak további romlása következhet be. Az ilyen filmek esetében a képi információ megmentésére csak a digitális másolat készítése jelenthet megoldást.

Cellulóz-nitrát (CN I) ismeretlen típusú 35 mm-es film (~1950-es évek)	Semleges, fekete-fehér szín, az emulziós oldalon nincs ezüstkiválás, a salétromsav szag alig érezhető.
Cellulóz-nitrát (CN II) ismeretlen típusú 35 mm-es film (~1930-as évek)	A hordozó sárgult, kissé deformálódott, a salétromsav szag kifejezetten érzékelhető, az emulzió helyenként ragacsos.
Cellulóz-acetát (CA I) Eastman 35 mm-es film (~1970-as évek)	Rugalmas, nem deformálódott, enyhe ecetsav szag érezhető.
Cellulóz-acetát (CAII) ORWO 35 mm-es film (~1960-es évek)	Nem deformálódott, de kissé merev, fokozott ecetsav szag érezhető.

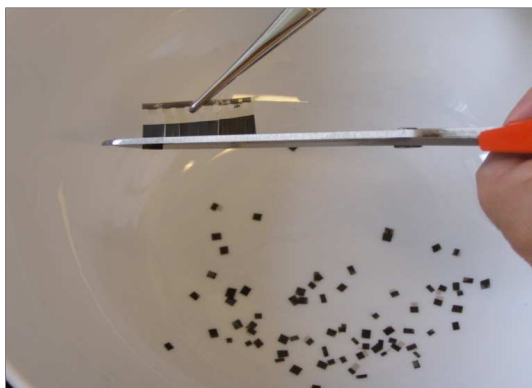
1. táblázat: A kísérletekhez kiválasztott filmek

² A lebomlás különböző fokozatait a DLA értekezés 7.1. és 7.2. alfejezetei tárgyalják.

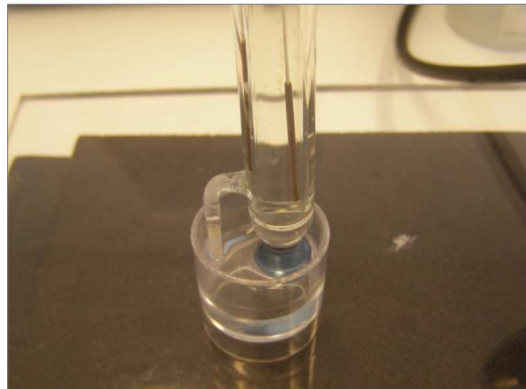
1.3.2. A filmek savasságának mérése, a mérési módszer validálása

Kísérleti munkám kezdetén annak megállapítására törekedtem, hogy a filmhordozók vizes közegű áztatásával vizsgálható-e a filmhordozók savassága. Ezután azt vizsgáltam, hogyan változik a filmek pH-méréssel mért savassága a közömbösítési reakciók hatására. A savasság-méréshez 0,3 g filmet áztattam 5 ml desztillált vízben. A film/desztillált víz arányát úgy határoztam meg, hogy a mérendő folyadék mennyisége elegendő legyen az üvegelektrodás pH-méréshez, valamint, hogy a kiázott savtartalom mértéke szignifikánsan kimutatható legyen az egyes filmmintákból.

Első lépésben friss desztillált vizet állítottam elő a rendelkezésre álló desztilláló berendezés segítségével. Ezt követően a kísérletekhez a különböző filmekből kimértem a megfelelő mennyiséget, majd a mintát ollóval apró darabokra vágtam, és 5 ml desztillált vízzel, Parafilmmel légmentesen lezárt üvegcémsőben inkubáltam, szobahőmérsékleten, fénytől védve, az egyes ábrákon jelölt ideig (**1-2. kép**). A desztillált víz pH-ját a kísérletek kezdetekor megállapítottam, ez a különböző kísérletekben semleges körüli érték (pH~6,3-6,7) volt. Negatív kontrollként egy külön kémcsőbe 5 ml desztillált vizet tettem, ami filmmintát nem tartalmazott. Az áztatóközeg pH-ját az ábrákon jelölt időpontokban mértem meg Radelkis OP-211/2 típusú pH-mérő berendezéshez csatlakoztatott üvegelektroda segítségével (**3-4. kép**), és a kapott értékeket feljegyeztem. A méréseket ugyanekkor a desztillált vizes kémcső esetében is újra elvégeztem, hogy kontrollálni tudjam a desztillált víz pH-értékének esetleges változásait (csökkenését), amit a levegőből felvett, illetve leadott szén-dioxid okozhat. Az egyes pH-mérések után az áztatóközeget visszaöntöttem a megfelelő kémcsővekbe.



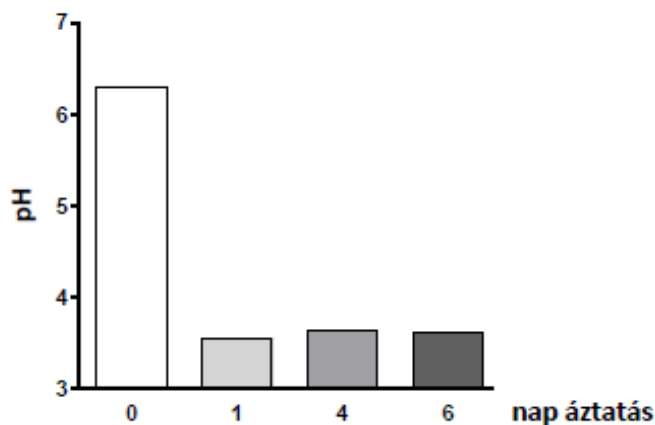
1-2. kép: A filmminták előkészítése pH-méréshez



3-4. kép: Az áztatóközeg üvegelektrodás pH-mérése

Megállapítottam, hogy a cellulóz-acetát filmből az áztatás során a vizes fázis savasodását okozó anyagok (elsősorban ecetsav) távoznak, amelyek a pH-értéket jelentősen csökkentik. A pH-érték csökkenése egy napos áztatás után már teljes, az ezt követő mérési eredmények szerint további áztatás után a pH nem csökken tovább (**2. ábra**).

A fent ismertetett kísérletet emulzió nélküli filmekben is elvégeztem. Az eredmények azt mutatták, hogy az emulzió jelenléte nem befolyásolja számottevően az áztatóközeg pH-ját.



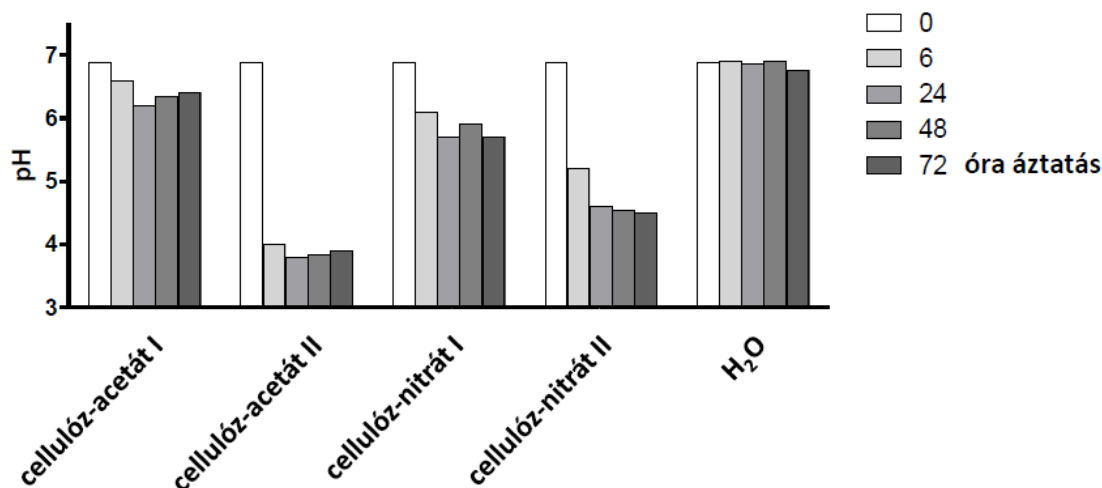
2. ábra: Cellulóz-acetát (CA) II film savasságának mérése

Rossz állapotú cellulóz-acetát filmet áztattam desztillált vízben, összesen hat napig. Az áztatóközeg pH-ját 1, 4 és 6 napos áztatás után mértem meg. Míg a desztillált víz pH-ja a mérés kezdetekor közel semleges ($pH \sim 6,3$) volt, és ez nem változott a kísérlet során, addig a filmből kiázott savas bomlástermékek (ecetsav) az áztatóközeg pH-ját könnyen mérhető módon, jelentősen csökkentették ($pH \sim 3,5$).

Miután bizonyítást nyert, hogy filmhordozó savassága mérhető ezzel a módszerrel, a **1. táblázatban** ismertetett összes filmmintán elvégeztem a fent leírt kísérletet (**3. ábra**). A kísérlet célja a különböző cellulóz-nitrát és cellulóz-acetát filmek savasságának vizsgálata volt.

Megállapítottam, hogy a filmekből kiázó anyagok (salétrom-, illetve ecetsav) a vizes fázis pH-ját jelentősen csökkentik: míg a filmet nem tartalmazó desztillált víz pH-ja $\sim 6,7$ maradt, addig a filmekkel inkubált víz pH-ja a filmek romlottsági-fokának megfelelően lecsökkent, a savasabb filmek (cellulóz-acetát; CA II és cellulóz-nitrát; CN II) esetében ez a csökkenés még hangsúlyosabb volt.

A négyféle filmmintával elvégzett kísérlet (**3. ábra**) megerősítette azt az előző megfigyelést is (**2. ábra**), hogy az adott körülmények között, az egynapos áztatás már elegendő a savas bomlástermékek vízbe történő diffúziójához, mivel 24 óránál hosszabb áztatás nem vezetett további pH-csökkenéshez.



3. ábra: Cellulóz-nitrát (CN I-II) és cellulóz-acetát (CA I-II) filmek savasságának mérése

A lebomlás különböző stádiumaiban lévő filmmintákat desztillált vízben áztattam, majd a filmekből kioldódott savas bomlástermékek pH-ját mértem az áztatás időtartamának függvényében, 0-72 óráig. A filmmintákkal párhuzamosan a film nélküli áztatóközeg (H₂O) pH-ját is meghatároztam.

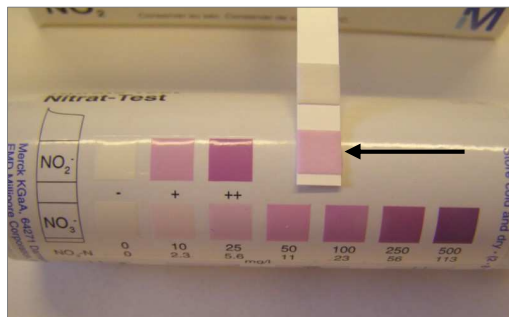
A savas bomlástermékek kioldódása, mind a cellulóz-nitrát, mind a cellulóz-acetát filmek esetében, 24 óra áztatás után már teljes. Megfigyelhető az összefüggés a pH-értékek változása és a filmek különböző lebomlási foka között (I = lebomlás 1. stádiuma, II = lebomlás 2. stádiuma).

1.3.3. A nitrát-koncentráció meghatározására szolgáló tesztcsík működési elve, alkalmazása

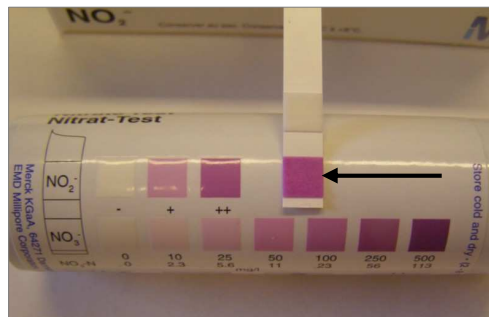
Annak igazolására, hogy a filmek áztatásakor kioldódó savas anyag valóban a filmek lebomlásakor keletkező sav, egy a pH-méréstől független szemikvantitatív kimutatási módszert is alkalmaztam, amely a cellulóz-nitrát filmek lebomlásakor keletkező salétromsavat nem annak savassága, hanem nitrát-ion tartalma alapján azonosítja. A nitrát-ionok kimutatására az *MQuantTM Nitrate Test*-et³ használtam. Ez egy szűrőpapírra felvitt, aromás-amin alapú színreakcióval működő tesztcsík, amelynek a vizsgálandó oldatba merítésével és a keletkező rózsaszínes-lilás elszíneződés megfigyelésével, azt egy standard színskálához hasonlítva megbecsülhető a vizes oldatok nitrát-tartalma. A különböző filmek áztatásakor kapott oldatok vizsgálata ezzel a módszerrel azt mutatja, hogy a cellulóz-nitrát filmek esetében a kiázott nitrát-ionok könnyen detektálhatók, és hogy a megfigyelt nitrát-koncentráció értéke a lebomlás előrehaladottabb stádiumaiban lévő filmek esetében nagyobb (**5-6. kép**). A módszer a cellulóz-acetát filmek esetében negatív eredményt adott, mivel a tesztcsík színreakciója nitrát-ionra specifikus.

³Merck MQuantTM Nitrate Test (1.10020.) www.analytical-test-kits.com (2014 09)

Ezek a nitrát-ion kimutatási eredmények is megerősítik, hogy az áztatásos módszer alkalmas cellulóz-nitrát filmek lebomlásának vizsgálatára, ugyanis a cellulóz-nitrát film esetében mind a hidrogén-ion (pH-méréssel), mind a nitrát-ion (tesztcsíkkal) kimutatásra került. Megjegyzendő, hogy az áztatásos nitrát-kimutatás a cellulóz-nitrát hordozó esetében, nem-destruktív film-azonosítási módszerként is alkalmazható.



5. kép: Nitrát-ion koncentráció jó állapotú cellulóz-nitrát (CN I) film áztatóközegében



6. kép: Nitrát-ion koncentráció rossz állapotú cellulóz-nitrát (CN II) film áztatóközegében

1.4. Az ammónium-hidroxidos gőzfázisú kezelés ismertetése

Feltételezésem az volt, hogy a savas lebomlás jeleit mutató cellulóz-acetát és cellulóz-nitrát filmek savtartalma ammónium-hidroxid és desztillált víz elegyének gőzével közömbösíthető. A filmeket nem kívántam egy ilyen kezelésnek folyadékfázisban kitenni, mert ez, hosszabb kezelés esetén, esetleg az emulzió fellazulásához, az azon lévő retus, színezés, illetve felirat károsodásához vezethetne. A kezelést ezért gőzfázisban végeztem el, majd a 1.3.2. alfejezetben ismertetett módon megmértem a kezelt minták pH-ját.

1.4.1. Gőzfázis kialakítása

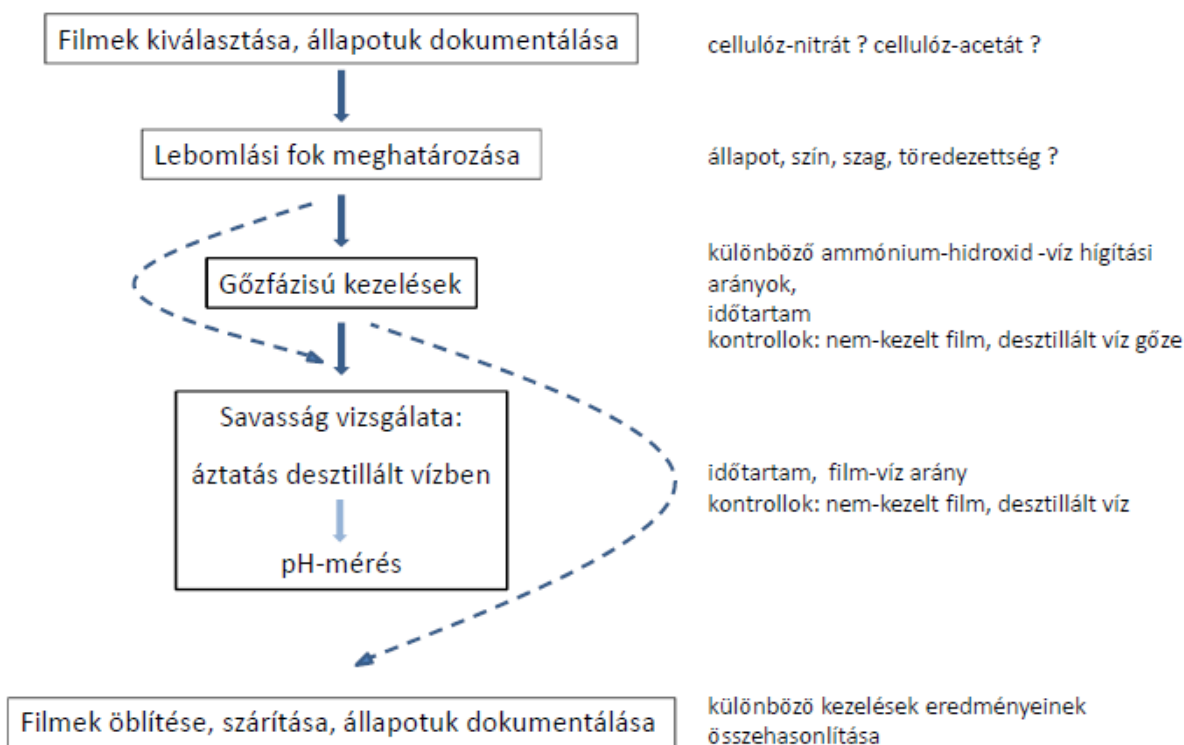
Jól záródó üvegedény alján annyi kezelőfolyadékot helyeztem el, ami az üveg lezárását követően telített légkört hozott létre az edény belsejében. Ez az alkalmazott 400 ml térfogatú edények esetében kb. 6 ml volt. Az üveg aljára kisebb üvegedényt állítottam, amire függőleges helyzetben elhelyeztem a kezelendő filmmintát. Ily módon az ammónium-hidroxidból felszabaduló ammónia a teljes filmfelülettel érintkezésbe tudott lépni, ugyanakkor a minta nem érintkezett a folyadékkal (**7. kép**).



7. kép: A kezelés során telített gőztér alakul ki, a páralecsapódás megfigyelhető az edény falán

A **4. ábra** a kísérletekben elvégzett kezelések és az azokat követő pH-mérés lépéseit foglalja össze. A kiválasztott filmek állapotának dokumentálását lebomlási fokuk megállapítása követte. Ezután az egyes filmmintákat különböző hígítású ammónium-hidroxid/desztillált víz oldatának gőzterében kezeltem változó ideig. A kezelt mintákat 24 órás szellőztetés után előkészítettem pH-mérésre, majd megállapítottam a pH-értékeket.

Azoknál a filmeknél, amelyeknél az ammónium-hidroxidos kezelés restaurálási céllal történt (jobb oldali szaggatott nyíl), a filmeket kezelés után desztillált vízzel öblítettem, megszárazítottam és állapotukat összehasonlítottam a nem kezelt filmekével.

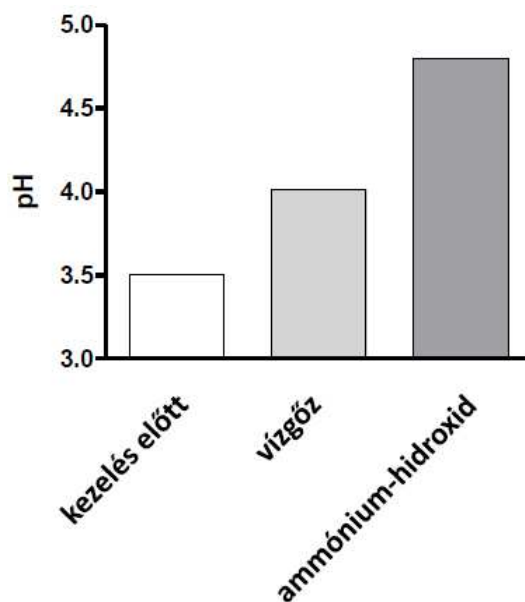


4. ábra: Az elvégzett kísérletek és kezelések folyamatábrája

1.4.2. A gőzfázisú kezelés hatékonyságának vizsgálata

A gőzfázisban végzett ammónium-hidroxidos kezelés eredményességét az **5. ábra** mutatja be. Az 1 napos kezelés az erősen savas cellulóz-acetát (CA II) film pH-ját jelentősen megemelte. Ugyanakkor a tiszta desztillált víz gőzterében kezelt filmminták esetében is enyhe pH-emelkedést tapasztaltam.

Miután bizonyítást nyert, hogy a gőzfázisú kezelések alkalmasak lehetnek filmek savasságának csökkentésére, a további kísérletekkel a kezelés időtartamának és a kezelőoldat ammónium-hidroxid koncentrációjának optimalizálását céloztam meg.



5. ábra: Cellulóz-acetát film savasságának csökkentése

CA II filmeket 1/4 arányú hígítású ammónium-hidroxid oldat gőzének, illetve tiszta desztillált víz gőzének tettem ki 1 napig. Ezután a filmeket szellőztettem 24 órán át, desztillált vízben áztattam 24 óráig, majd az áztatóközeg savasságát pH-méréssel határoztam meg. Míg a nem kezelt film pH-ja erősen savas (pH=3,5), addig az ammónium-hidroxidos kezelés a film savasságának jelentős csökkenéséhez vezet (pH=4,8). A vízgőzös kezelés a film savasságát kisebb mértékben csökkenti (pH=4,0).

Az elvégzett kezelések alkalmasak a film savasságának csökkentésére.

1.4.3. Filmhordozók savasságának csökkentése, a kezelési idő függvényében

A gőzfázisú ammónium-hidroxidos kezelés optimális időtartamának kidolgozásához erősebben savas filmet és közepes hígítású oldatot választottam annak érdekében, hogy a filmminta pH-jának változása jól megfigyelhető legyen.

Cellulóz-acetát (CA II) filmeket desztillált vízzel 1/4 arányban hígított 25%-os ammónium-hidroxid gőzterében, illetve azonos körülmények között, ammónium-hidroxid mentes desztillált víz gőzterében kezeltem az alábbiakban ismertetett módon.

A 0,3 g tömegű cellulóz-acetát (CA II) filmeket egyenként a légmentesen záródó üvegekbe helyeztem oly módon, hogy a minták ne érintkezzenek az üveg falával és az üveg alján elhelyezett 6 ml 1/4 arányban desztillált vízzel hígított ammónium-hidroxid oldattal, illetve a 6 ml tiszta desztillált vízzel.

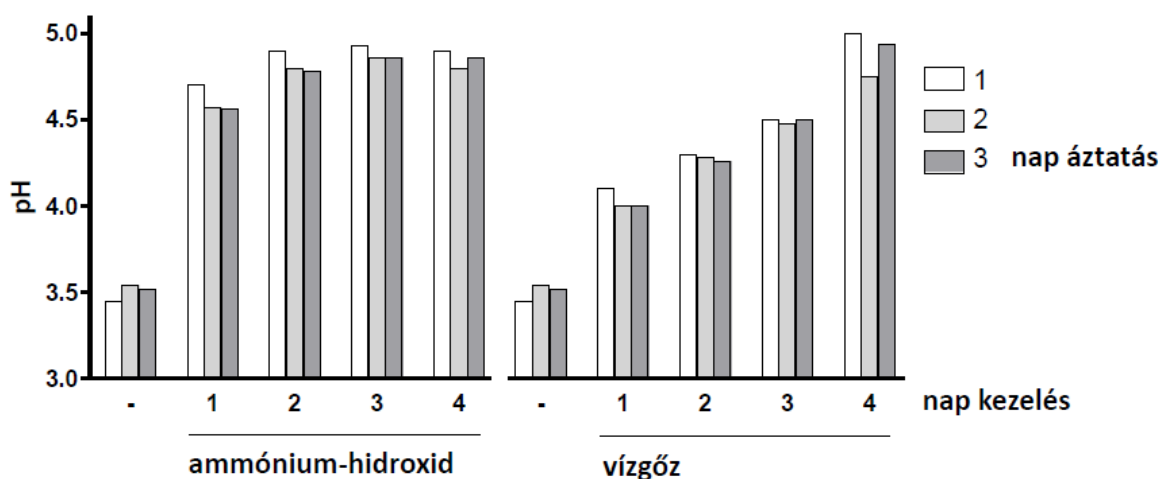
Ezt az eljárást minden nap, azonos időben, friss ammónium-hidroxid oldatokkal megismétltem, három napon keresztül. Az így kapott kétszer négy sorozat kezelt mintát az ötödik napon kiemeltam a gőztérből és vegyi fülkében szellőztettem 24 órán keresztül.

Ezután a különböző módon és ideig kezelt filmek savasságát a 1.3.2. alfejezetben ismertetett módszerrel meghatároztam. Az eredmények azt mutatják, hogy az ammónium-hidroxidos kezelés a film savasságát jelentősen csökkenti: míg a nem-kezelt film esetében az áztatás utáni pH-érték 3,5 körüli, addig az ammónium-hidroxidos kezelés jelentős pH-emelkedéshez vezet (pH=4,93; **6. ábra**) Ez a kezelés már 24 óra után közel maximális hatással bír, az ennél hosszabb kezelés csak kb. 0,3-0,4 további pH-érték emelkedéshez vezet.

Érdekes megfigyelés, hogy a vegyszermentes desztillált vízgőzös kezelés szintén emeli némileg a pH-értéket. Ennek sebessége azonban lassabb, mint az ammónium-hidroxidos kezelésé. Ez a jelenség, ami valószínűleg az illékony savas anyagoknak nedvesség által megkönnyített diffúziója révén történik, további megfigyeléseket igényel.

A **6. ábra** jól szemlélteti a filmek savasság-mérésére alkalmazott áztatási módszer megbízhatóságát is. Ebben a kísérletben, a különböző kezeléseket után a filmek savasságát, a **3. ábrán** bemutatott kísérletekhez hasonlóan, 1, 2, illetve 3 napos áztatás után is mértem. Amint az ábrán jól látható, a mért savasság-értékek 1, 2, illetve 3 napos áztatás után, a mérés hibahatárán belül, adott mintára azonos értéket mutatnak. Ebből következően a kezeléseket hatékonyságát vizsgáló pH-méréshez a továbbiakban az egynapos áztatást alkalmaztam.

Az **5. és a 6. ábrán** ismertetett kísérletekben tehát megállapítottam, hogy a gőzfázisú kezelés képes a filmek pH-jának megváltoztatására.



6. ábra: Az ammónium-hidroxidos és a vízgőzös kezelés hatékonyságának összehasonlítása

CA II filmeket 1/4 hígítású 25%-os ammónium-hidroxid oldat, illetve desztillált víz gőztérbe helyeztem 1-4 napig, majd a filmek savasságát pH-méréssel vizsgáltam, a gőztérben kezelt minták 1-3 napos desztillált vizes áztatását követően. Az ammónium-hidroxidos gőzfázisú kezelés már 1 nap után hatásos. Ugyanakkor a film savassága desztillált víz gőzében is csökken, de ez csak több napos kezelés után válik jelentőssé. Az ábrán az is jól látható, hogy a kezeléseket után a pH-méréshez végzett desztillált vizes áztatás már 1 nap után a maradék savasság teljes kiázásához vezet, a hosszabb (2, 3 napos) áztatás nem vezet további pH-változáshoz.

1.4.4. A gőzfázisú ammónium-hidroxidos kezelés optimális ammónium-hidroxid koncentrációjának vizsgálata és meghatározása

A fenti kísérletek eredményei szerint az ammónium-hidroxidos kezelések optimális időtartama 24 óra körüli. Ennek ismeretében a következő lépésben a kezeléshez alkalmazott ammónium-hidroxid különböző koncentrációinak hatását vizsgáltam. A cél annak megállapítása volt, hogy milyen hígítási értékig lehet változtatni az ammónium-hidroxid koncentrációját úgy, hogy a filmek savasságát a kezelés még hatékonyan csökkentse. Az optimális koncentráció megállapításához a filmeket azonos körülmények között, azonos ideig (1, illetve 2 nap) ammónium-hidroxid gőzének tettem ki oly módon, hogy a kezeléshez használt ammónium-hidroxid oldat töménységét desztillált vizes hígítással változtattam.

Vegyifülkében tömény ammónium-hidroxid oldatból⁴ desztillált vízzel, különféle hígítású oldatokat készítettem (2. táblázat).

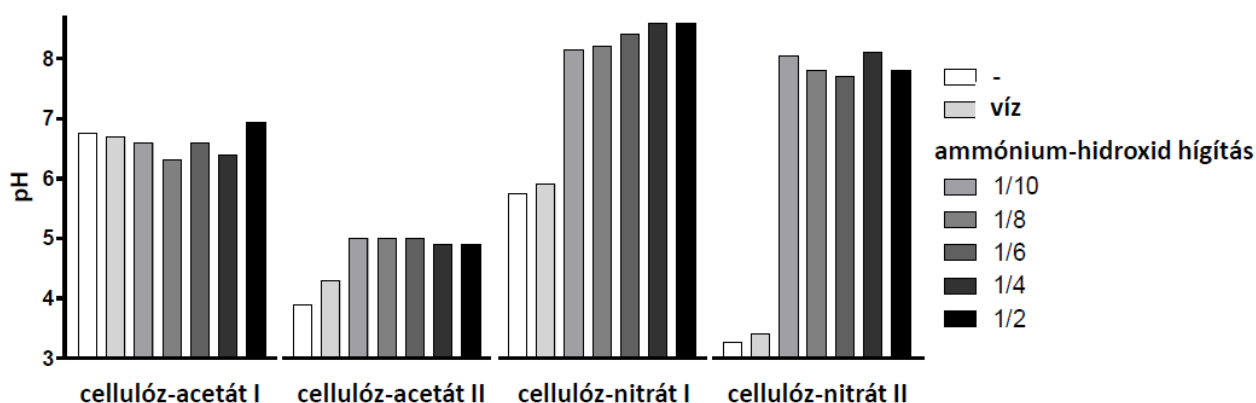
NH ₄ OH / víz oldatok hígítási arányai		
NH ₄ OH (25%) térfogat	H ₂ O térfogat	hígítási arány
1	1	1/1
1	2	1/2
1	4	1/4
1	6	1/6
1	8	1/8
1	10	1/10
1	20	1/20
1	40	1/40
1	60	1/60
1	80	1/80

2. táblázat: A kezelőoldatok hígítási arányai

Hat, azonos méretű üvegedény alján elhelyeztem a különféle hígítású kezelőoldatokat majd a négyféle, azonos tömegű filmmintából kettőt-kettőt: cellulóz-nitrát I és cellulóz-nitrát II film együtt, valamint cellulóz-acetát I és cellulóz-acetát II együtt, helyeztem el. A minták a folyadékkal közvetlenül nem érintkeztek. A hetedik edénybe tiszta desztillált vizet tettem a filmek alá, egy nyolcadik edénybe pedig csak a filmminták kerültek, oldat nélkül. Az üvegeket légmentesen lezártam. A kezelést az előzőekben megállapított ideig (1, illetve 2 nap) alkalmaztam.

⁴ Ammónia 25%-os oldat CAS: 1336-21-6, Reanal Finomvegyszergyár Zrt.

A 7. ábra a különböző lebomlási fokú cellulóz-nitrát és cellulóz-acetát filmek savasságának változását mutatja be az alkalmazott ammónium-hidroxid koncentrációjának függvényében, egynapos kezelés után. A kezeléseket után a filmeket 24 óráig szellőztettem annak érdekében, hogy az esetlegesen a filmek által megkötött, de el nem reagált ammóniát eltávolítsam. Ezután a fent leírt módon megmértem a filmek pH-ját. Amint az ábrán látható, a nem kezelt filmek mért savassága összefüggést mutatott a lebomlás látható/érezhető jeleivel (salétrom-, illetve ecetszag, elszíneződés, merevség, deformáltság): míg a jó állapotú cellulóz-acetát (CA I) film mért pH-értéke 6-7, addig a rossz állapotú cellulóz-nitrát (CN II) és cellulóz-acetát (CA II) sokkal savasabb, pH=3-4 közötti volt. A jó állapotú cellulóz-nitrát (CN I) enyhén savas. Az ammónium-hidroxidos kezelés mind a cellulóz-acetát, mind a cellulóz-nitrát filmek esetében jelentősen csökkentette a filmek savasságát. A kezeléseket a cellulóz-nitrát (CN I-II) filmek pH-ját 8, a rossz minőségű cellulóz-acetát (CA II) filmét pH=5 körüli értékre növelte. A jó állapotú cellulóz-acetát (CA I) pH-ját a kezelés nem változtatta meg.



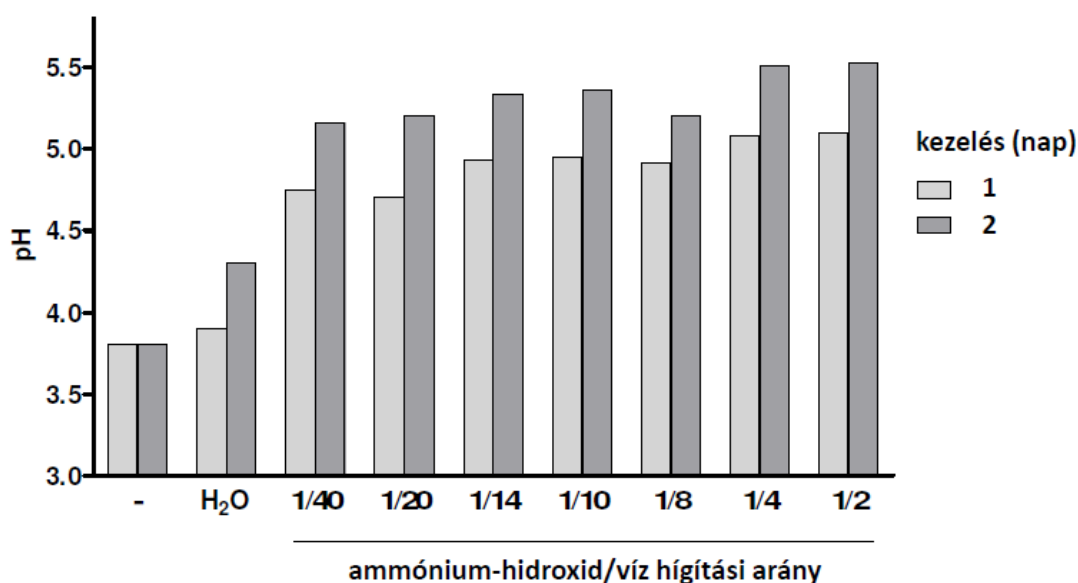
7. ábra: Cellulóz-acetát és cellulóz-nitrát filmek savasságának csökkentése ammónium-hidroxid gőzterében

Különböző savassági fokú filmeket (lásd 1. táblázat) eltérő hígítású ammónium-hidroxid oldatok gőzével kezeltem 1 napig. Az NH_4OH / desztillált víz hígítási aránya 1/2 és 1/10 között változott. Ezután a filmek savasságát pH-méréssel vizsgáltam. Kontrollként a filmeket ammónium-hidroxidmentes desztillált vizes kezelésnek tettem ki gőzfázisban.

Az ammónium-hidroxidos kezeléseket a savas filmek (CA II, CN I-II) pH-ját lényegesen növelték, míg a jó állapotú cellulóz-acetát (CA I) filmét nem befolyásolták jelentősen.

A 7. ábrán bemutatott kísérlet során azt is megfigyeltem, hogy a jó állapotú cellulóz-nitrát (CN I) filmhordozó a töményebb hígítású (1/2-1/6) kezelőoldatok hatására esetenként megsárgult, megbarnult, valamint, hogy a savas lebomlás előrehaladottabb fázisában lévő cellulóz-nitrát (CN II) film már eleve sérült emulzióját még az e kísérletben alkalmazott leggyengébb, 1/10 hígítású kezelőoldat is fellazítja. Ilyen változást egyetlen cellulóz-acetát film sem mutatott. Ezt követően a filmminták kezelésére az alacsonyabb ammónium-hidroxid koncentrációkkal végeztem további kísérleteket (8-9. ábra).

A **8. ábrán** összefoglalt kísérletben rossz állapotú cellulóz-acetát (CA II) filmet kezeltem különböző hígítású ammónium-hidroxid oldattal, gőzfázisban, 1/10 és 1/40 hígítási értékek között 1, illetve 2 napig. A filmek savasságának változását a korábban ismertetett pH-mérési módszerrel határoztam meg. A kezeletlen film jelentős savasságot mutatott (pH=3,8). Az ammónium-hidroxidos kezelés ebben a koncentráció-tartományban jelentősen csökkentette a filmek savasságát (a mért értékek a pH=5-5,5 tartományig emelkedtek). A kétnapos kezelések, az előzőekben ismertetett eredményekkel összhangban (lásd **6. ábra**) kissé fokozottabb, kb. 0,4 egységnyi pH-emelkedést mutattak, valamint ismét megfigyelhető volt a vízgőzös kezelés korlátozott pH-növelő hatása is.

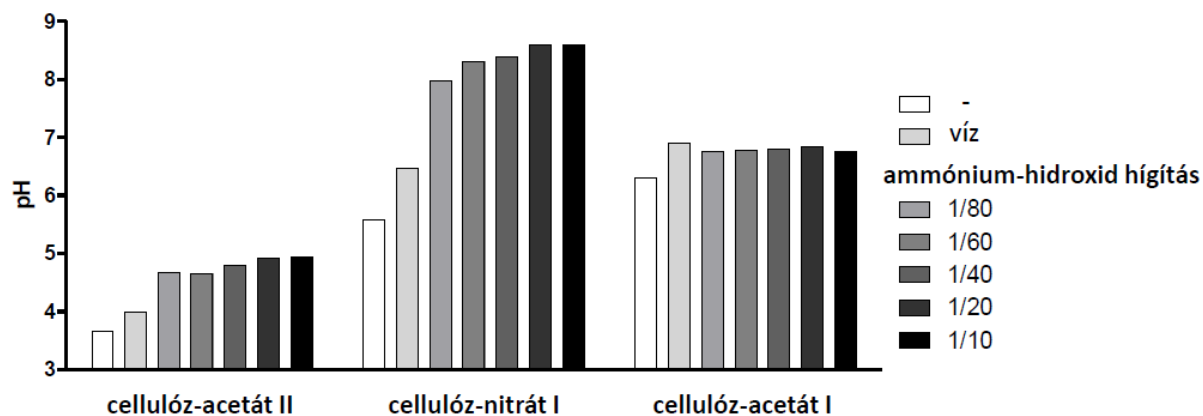


8. ábra: Cellulóz-acetát film savasságának csökkentése különböző hígítású ammónium-hidroxid oldatok gőzterében

CA II filmeket különböző hígítású (1/2 – 1/40) ammónium-hidroxid gőzterében kezeltem 1, illetve 2 napig, majd a filmek savasságát desztillált vizes áztatást követő pH-méréssel vizsgáltam. Az ammónium-hidroxidos kezelések a filmek savasságát már 1 nap után jelentősen csökkentették; ezt a 2 napos kezelések némileg tovább fokozták.

A következő kísérletekben tovább csökkentettem az ammónium-hidroxid koncentrációját annak érdekében, hogy a filmeket a lehető legkevésbé drasztikus, de még hatékony kezeléseknél tegyem ki (**9. ábra**). Az eddig elvégzett kísérletek során tett megfigyeléseim arra utalnak, hogy a már vizuálisan is érzékelhető, fokozott savas lebomlás jeleit mutató cellulóz-nitrát hordozó (CN II) különlegesen érzékeny, komplex viselkedésű anyag, ennek a viselkedésnek a mélyebb megismerése további vizsgálatokat igényel. Úgy döntöttem, hogy az 1/10-1/80 hígítású oldatokkal történő savasság-csökkentést CA I, CA II és CN I filmekkel végzem el, mivel a korábbi kísérletek szerint ezek a minták alkalmasnak bizonyultak a módszer finomítására. Megállapítottam, hogy a savasság kezeléséhez az ammónium-hidroxid koncentráció 1/80 hígításig csökkenthető (**9. ábra**).

A **9. ábra** az 1/10 – 1/80 hígítási arányú ammónium-hidroxid oldatokkal 1 napon át kezelt cellulóz-nitrát és cellulóz-acetát filmek savasságának változását mutatja be. A kezelést követő pH-mérés eredményei megerősítették a **7. ábrán** ismertetett értékeket, valamint azt mutatják, hogy az egynapos kezelés esetében, az alkalmazott körülmények között az 1/60 – 1/80 hígítás tűnik optimálisnak, mivel ezek mellett a koncentrációk mellett a filmek savassága csökken, ugyanakkor a hordozó és az emulzió károsodása nem tapasztalható.



9. ábra: Cellulóz-acetát és cellulóz-nitrát filmek savasságának csökkentése különböző koncentrációjú ammónium-hidroxid oldatok gőzterében

A lebomlás különböző stádiumaiban lévő filmeket különböző (1/10 – 1/80) hígítású ammónium-hidroxid oldatok gőzterében kezeltem 1 napig. Kontrollként nem kezelt, illetve vízgőzben kezelt filmeket alkalmaztam, és a kezeléseket után a filmek savasságát pH-méréssel vizsgáltam. A kissé, vagy fokozottabban savas filmek (cellulóz-nitrát, CN I és cellulóz-acetát, CA II) pH-ját az ammónium-hidroxidos kezelés jelentősen megemelte, míg a kevésbé savas cellulóz-acetát (CA I) film pH-ját nem változtatta meg szignifikánsan.

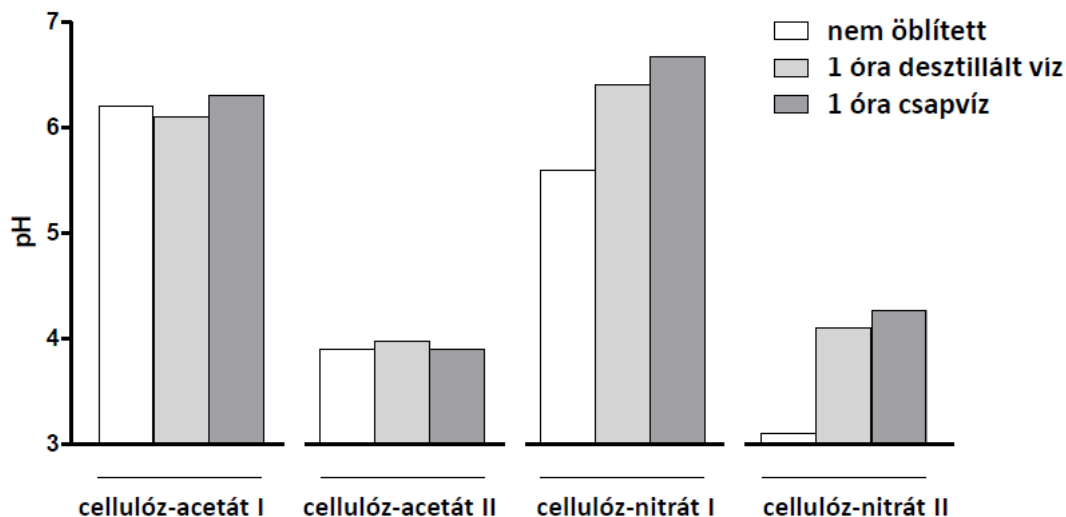
1.5. Cellulóz-nitrát filmek savasságának csökkentése vizes kezeléssel, folyadékfázisban

Amint már a korábbiakban említettem, a cellulóz-nitrát filmek ammónium-hidroxidos kezelése során a filmhordozó esetenként, a kezelőoldat töménységétől függően sárgásan, barnásan elszíneződött (lásd 14. oldal). Ez a jelenség a cellulóz-acetát filmeknél, illetve a jó állapotú cellulóz-nitrát (CN I) filmek esetében 1/60-1/80-as hígítás mellett nem fordult elő. Ez az elszíneződés valószínűleg a cellulóz-nitrát filmekben előforduló nitrát-észter csoportok, illetve ezek bomlástermékeinek (salétromsav, nitrogén-oxidok) fokozott reakcióképességével áll összefüggésben. Ezek az anyagok komplex oxidációs reakciókra képesek, és valószínű, hogy az ammónium-hidroxidos kezelés ezeket a reakciókat beindíthatja. Ezeknek a kémiai reakcióknak az azonosítása és leírása további komoly műszeres analitikai vizsgálatokat igényelne, amire e munka keretében nem volt mód.

Mivel ilyen elszíneződést cellulóz-acetát filmek esetében nem figyeltem meg, a cellulóz-nitrát filmek savasságának csökkentésére más módszert is kerestem. Miután az elvégzett kísérletek eredményei azt mutatták, hogy a vízgőzös kezelés is képes, bár kisebb mértékben, illetve lassúbb kinetikával csökkenteni a filmek savasságát, megvizsgáltam, hogy milyen hatással van egy rövid, vizes mosás a filmek savasságára.

Különböző lebomlási fokú cellulóz-nitrát és cellulóz-acetát filmeket egy órás vizes kezelésnek tettem ki bemelegítéssel, folyadékfázisban. A desztillált vizes, illetve a csapvizes fürdőhöz bőséges mennyiségű folyadékot alkalmaztam, hogy a filmek savtartalma kellően kiázhasson. Ezután az így kezelt filmek savasságát a korábban ismertetett pH-mérési módszerrel meghatározva, a nem kezelt filmek savasságához hasonlítottam. A rövid ideig

tartó vizes kezelések hatását a **10. ábra** szemlélteti. A kísérlet eredménye azt mutatja, hogy a lebomlási folyamat különböző stádiumaiban lévő cellulóz-nitrát film savtartalma lényegesen csökkenthető egy rövid vizes kezeléssel. Megfigyelhető az is, hogy a kezelés némileg hatékonyabb csapvízzel, mint desztillált vízzel. Ez valószínűleg a csapvíz enyhén lúgos kémhatásával áll összefüggésben (csapvíz: pH=8,4; desztillált víz: pH=7,2).



10. ábra: Cellulóz-nitrát és cellulóz-acetát filmek savasságának változása rövid vizes mosást követően

Különböző savasságú cellulóz-nitrát és cellulóz-acetát filmeket 1 óráig bőséges mennyiségű desztillált, illetve csapvízben áztattam, majd megszáritottam. Ezután a filmek savasságát 24 órás desztillált vizes áztatást követő pH-méréssel meghatároztam, és a nem kezelt filmekéhez hasonlítottam.

Az 1 órás vizes fürdő jelentősen csökkentette a különböző lebomlási fokú cellulóz-nitrát (CN I, illetve CN II) filmek savasságát. Ugyanakkor a kezelés nem volt lényeges hatással a cellulóz-acetát (CA I és CA II) filmek savasságára. Valószínű, hogy a cellulóz-nitrát film esetében a savas bomlástermékek a felszínre vándorolnak és onnan leöblíthetők. A csapvízes kezelés hatékonyabbnak bizonyult a desztillált vizesnél. Ez a csapvíz enyhén lúgos kémhatásával (pH=8,4) magyarázható.

Jelentős megfigyelés az is, hogy ez a rövid vizes kezelés a cellulóz-nitrát filmmel ellentétben, a cellulóz-acetát filmek savasságára nincs lényeges hatással. Ennek oka valószínűleg a salétromsav és az ecetsav hidrofób közegben való eltérő oldhatóságával függ össze. A salétromsav erős ásványi sav, teljesen hidrofíl molekula, mely szerves közegben nem oldódik. Az ecetsav viszont közepesen erős szerves sav, nem disszociált formában, szerves közegben némileg oldható anyag. Valószínű tehát, hogy a cellulóz-nitrát filmhordozók esetében a lebomláskor keletkező szabad salétromsav részben a filmhordozó felszínére vándorol, és ott feldúsulva fejti ki további romboló hatását, míg a cellulóz-acetát filmek lebomláskor keletkező szabad ecetsav a filmhordozó anyagában oszlik el. Ez a feltételezés, amely megfelel a molekulák fizikai-kémiai tulajdonságainak, megmagyarázná, hogy miért távolítható el a savasság vizes mosással gyorsabban a cellulóz-nitrát, mint cellulóz-acetát filmekből. Ez a megfigyelés arra is utal, hogy, noha a savasság úgy a cellulóz-nitrát, mind a cellulóz-acetát filmek sajátja, a két hordozó viselkedése eltérő lehet, amit a további kutatásokban figyelembe kell venni. Kísérleteim arra is rávilágítanak, hogy ezek a viselkedésbeli különbségek a semlegesítési és savtalanítási eljárások további finomításánál

előnyösen ki is használhatók majd, ugyanis a kezelések körülményeit a filmhordozó típusának és viselkedésének függvényében lehet alakítani.

1.6. A savtalanítási kezelések filmekre gyakorolt hatásainak vizuális vizsgálata

Az 1.4 alfejezetben ismertetett kísérletekben optimalizált ammónium-hidroxid/desztillált víz hígítási arányok és kezelési idő figyelembe vételével, erősen savas cellulóz-acetát (CA II) és a savas lebomlás kezdeti fázisában lévő cellulóz-nitrát (CN I) filmmintákat kezeltem.⁵ A beavatkozások előtt a minták állapotát digitális úton 800 dpi felbontásban szkennel segítségével rögzítettem, valamint négy, különböző denzitású területen, ezeken belül több ponton mértem a filmek fedettségét denzitométer⁶ segítségével (14. kép).

A cellulóz-acetát (CA II) és a cellulóz-nitrát (CN I) filmeket 24 óráig 1/10-1/80 hígítási arányú ammónium-hidroxiddal, gőzfázisban kezeltem. A filmeket egy napig szellőztettem vegyi fülkében, amit egy gyors desztillált vizes öblítés követett. Ezzel párhuzamosan az 1.5. alfejezetben tárgyalt folyadékfázisban végzett kísérletek alapján, cellulóz-nitrát (CN I) filmet 1 órán át csapvízben kezeltem, majd levegőn szárítottam. A száraz CA II és CN I filmminták kezelés utáni állapotának rögzítését a fent ismertetett módon végeztem el. A filmek denzitás-mérését szintén megismételtem

A kezelések előtt és után készült felvételek vizuális úton történt összehasonlítása alapján megállapítottam, hogy a fokozottan savas cellulóz-acetát (CA II) film esetében a 24 órás, 1/40-1/80, a kevésbé savas cellulóz-nitrát (CN I) filmeknél a 24 órás, 1/60-1/80 hígítási arányú ammónium-hidroxidos gőzfázisú kezelés nem változtatta meg a filmek külső megjelenését (8-11. kép). Az 1 órás csapvízes kezelésnek folyadékfázisban kitett cellulóz-nitrát (CN I) filmminta szintén hasonló képet mutatott (12-13. kép). A rögzített denzitometriai értékek alapján megállapítottam, hogy kezelések a filmek fedettségét sem befolyásolták.



8. kép: Cellulóz-acetát (CA II) filmminta kezelés előtt (800 dpi)



9. kép: Az ammónium-hidroxid/desztillált víz 1/60-as hígítású oldatának gőzterében 24 óráig kezelt minta (800 dpi)

⁵ A filmek állapotát az 1. táblázat foglalja össze.

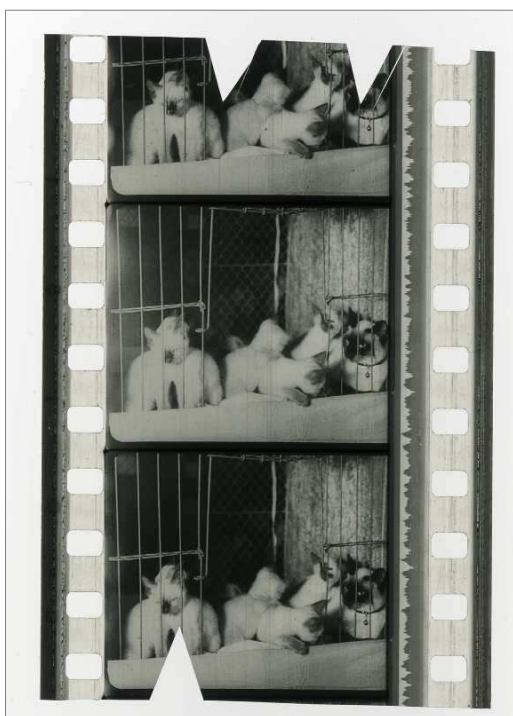
⁶ A filmek denzitását Heiland Electronic/Wetzlar TRD 2 denzitométerrel állapítottam meg (14. kép).



10. kép: Cellulóz-nitrát (CN I) filmminta
kezelés előtt (800 dpi)



11. kép: Az ammónium-
hidroxid/desztillált víz 1/60-as hígítású
oldatának gőzterében 24 óráig kezelt minta
(800 dpi)



12. kép: Cellulóz-nitrát (CN I) filmminta
kezelés előtt (800 dpi)



13. kép: Az 1 órán keresztül csapvízzel
folyadékfázisban kezelt minta (800 dpi)



14. kép: Denzitás-mérés cellulóz-nitrát (CN I) negatívon

1.7. A kísérleti munka eredményeinek rövid összefoglalása

Munkám során kidolgoztam és megvalósítottam a cellulóz-nitrát és a cellulóz-acetát filmek üvegelektrodás pH-mérését. Megállapítottam, hogy a filmek savassága mérhető ezzel a módszerrel. Ezt követően különböző lebomlási fokú filmeket kezeltem ammónium-hidroxid/desztillált víz gőzfázisban változó hígításban, változó ideig. A kezelések hatékonyságát (a filmek savasságának változását) pH-méréssel vizsgáltam. Megállapítottam, hogy az ammónium-hidroxid/desztillált víz oldata gőzfázisban hatékonyan csökkenti mind a cellulóz-nitrát, mind a cellulóz-acetát filmek savasságát. Ezután a kísérletekben megállapított optimális hígítási arányú oldatok gőzében kezeltem a filmeket. Az alkalmazott kezelések a negatívokra gyakorolt, vizuális úton megállapítható hatásait a filmekről készített szkennelt felvételek kezelés előtti és utáni összehasonlításával vizsgáltam, valamint a filmek fedettségét denzitométerrel is megmértem kezelés előtt és után.

Megfigyeléseim együttesen arra engednek következtetni, hogy az enyhén, illetve közepesen lebomlott cellulóz-acetát fekete-fehér filmek, valamint a lebomlás kezdeti stádiumában lévő cellulóz-nitrát filmek savtalanítására az egynapos, 1/60-1/80 hígítású ammónium-hidroxidos kezelések gőzfázisban alkalmasak lehetnek; az ilyen kezelések jelentősen csökkentik a filmek savasságát, a képi információ (emulzió) anyagának észlelhető/látható károsodása nélkül. A cellulóz-nitrát filmek esetében szóba jöhet a rövid ideig alkalmazott vizes kezelés is, folyadékfázisban.

A jövőben további megfigyeléseket igényel a kezelt filmek viselkedése. A minták természetes öregedésének nyomon követésével, valamint mesterséges öregítési tesztek elvégzésével kell majd vizsgálni a kezeléseknek a filmekre gyakorolt hosszú távú hatását.