

Dette er tredje artikel i en serie om vaskemidler anno 2005. Serien startede i august og bringes fortløbende i de kommende numre af Dansk Kemi på midteropslaget. Det overordnede formål er at gøre unge kolleger, elever og lærere opmærksomme på, at det er et interessant og udfordrende fagområde. Serien beskriver bl.a. vaskemiddelmarkedet, vaskemidler i dag, kemien i blegesystemer, de overfladeaktive stoffer, øvrige ikke-enzymatiske ingredienser og udviklingen af enzymer til vaskemidler.

Blegesystemer i vaskemidler

Disse ingredienser byder på spændende kemi og har afgørende betydning for produkternes samlede *performance*

Af Ture Damhus, *Detergent Applications II*, Novozymes A/S

Ved *blegning* forstås en proces, der gør et materiale eller et produkt lysere. Udtrykket bruges i mange sammenhænge fra spiseolier over papir til fluorescerende markører i mikroskopi og kan betegne både ønskede og uønskede effekter. De tilgrundliggende processer er mangfoldige: adsorption efterfulgt af fjernelse af adsorbat, oxidation, reduktion, fotokemisk dekomposition osv. Blegning af farvede tekstiler, som f.eks. kan indtræde, hvis man prøver at fjerne madpletter med *klorin* (som er en basisk hypochloritopløsning), er normalt ikke ønskelig, men hvis moden dikterer blegede cowboybukser, kan selvsamme kemi pludselig tjene til at opnå en ønsket effekt. *Blegemidler* er reagenser eller ingredienser, der forårsager blegning. Udtrykket *blegesystemer* bruges især i tilfælde, hvor der skal (mindst) to forskellige ingredienser til for at opnå den ønskede blegevirkning.

Man skelner mellem smuds fjernelse vha. overfladeaktive stoffer, polymerer, enzymer osv., der groft set opfattes som processer, hvor besmudsningerne transporteres væk fra overfladen, som de er eller delvist nedbrudt (af enzymer), og blegning, der er en kemisk affarvning på stedet af de farvede besmudsninger. Omdannelsesprodukterne transporteres måske og måske ikke væk fra det blegede område.

Man benytter typisk blegemidler til snavs, der er baseret på farvede udtræk af planter og frugter: te, kaffe, rødvin, frugt- og bærsaft, græs – som alle, især efter ældning, er vanskelige at fjerne på anden vis.

Tidlig blegning

Navne som Blegdamsvej i København og Bleggerstræde i Dragør vidner om tidligere tiders teknik med vask eller befugtning af tekstiler efterfulgt af udlægning i solen, hvad enten det var vasketøj eller nyttilvirket bomuld eller hør, der skulle bleges. Solen skinner bare ikke altid længe og intenst nok, navnlig ikke under vores himmelstrøg, og i forbindelse med moderne husholdningers tøjvask (for ikke at sige opvask) kommer udlægning i solen ofte slet ikke på tale.

Chlor og hypochlorit

Det første bud på en kemisk blegeproces fik man med Scheeles opdagelse af chlor i 1774. Scheele beskrev, hvordan chlorgas kunne blege biologisk materiale [1], og der gik ikke længe, før man begyndte at udnytte chlor i praksis til blegning og rengøring/desinfektion. I Javel ved Paris udviklede man en alkalisk kaliumhypochloritopløsning, der fik betegnelsen *Eau de Javel*, et udtryk som stadig bruges generelt på fransk, ligesom vi for basiske natriumhypochloritopløsninger bruger »klorin«, »blegevand« eller »blegeessens«. Der er også afledte udtryk som »javellisation« for behandling med hypochlorit, især i desinfektionsøjemed.

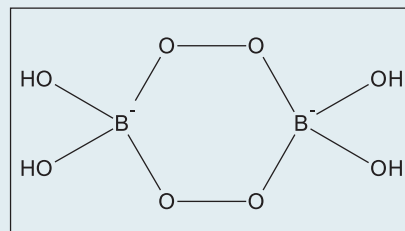
Det afgørende er, at forbrugeren fik adgang til et effektivt blegemiddel, som kunne tilsættes til vasken – dette bredte sig først i Europa, så til USA, hvor man talte om *liquid bleach*. I USA blev det i den grad skik at hælde lidt blegevand i mod slutningen af en tøjvask, at maskinerne fik et særligt rum til dette (se figur 2 i den første artikel i serien).

Hypochlorit virker som blegemiddel i kraft af, at det er et stærkt oxidationsmiddel. Men det har også sin pris. Ud over lugten af chlor og hypochlorsyring, som altid er der, hvor hypochloritopløsninger anvendes, så oxiderer og chlorerer hypochlorit ret ukritisk alt muligt. Det gælder tekstilfarver, fibre der bliver skadet, hvis man ikke passer på, og andre vaskemiddel- ingredienser, navnlig enzymer. Dertil kommer risikoen for tilførsel eller dannelse af chlorerede forbindelser i miljøet ved udledning af vaskeopløsningen.

Derfor er hypochlorit aldrig blevet inkorporeret i flydende eller pulverformige tøjvaskemidler. Historien er lidt anderledes for maskinopvaskemidler (se nedenfor).

»Oxygenbaserede blegesystemer«, første generation

Den afgørende opdagelse var hydrogenperoxid (Thenard 1818). Det er især ved høj temperatur et ret kraftigt oxidationsmiddel, som kun i beskeden grad forårsager skader under vask. Med fremstilling af natriumperborater, boks 1, og siden natriumpercarbonat blev det muligt at inkorporere hydrogenperoxid i form af faste salte i pulvervaskemidler. Perboraterne indeholder i deres krystalstruktur den komplicerede diboration med to brodannende peroxogrupper (figur 1), mens natriumpercarbonat indeholder frit hydrogenperoxid i krystallen.



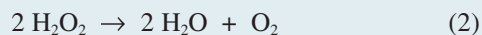
Figur 1. Struktur af bis(μ-peroxo-1κO,2κO')bis(dihydroxoborat)(2-), som forekommer i natriumperboraterne. Når et perborat opløses i vand, hydrolyseres denne ion og danner hydrogenperoxid.

Vi nævnte allerede i den første artikel det første perborat-baserede vaskemiddel *Persil*, som næsten har 100 års jubilæum. Vaskemidler af den type virkede fint ved en gammeldags kogevaske i gruekedel eller senere vaskemaskiner med 95 °C-program. Pga. indholdet af carbonat og silicat var pH højt, hvilket stemmer fint med den i dag fremherskende opfattelse af, at den egentlige blegende komponent er den korresponderende base til hydrogenperoxid, dvs. HO₂⁻ (dioxidanid):



Ved lavere pH og lavere temperatur falder blegevirkningen markant.

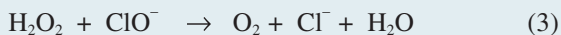
Man har ikke altid tænkt på peroxidblegning på denne måde. Ældre litteratur opererede med mystiske symboler som '[O]' og antog, at dette 'aktiverede oxygen' var det blegende agens og først skulle »frigøres« fra hydrogenperoxid. Denne tankegang skyldes formentlig, at hydrogenperoxid, der grundlæggende er termodynamisk ustabil, ved stigende temperatur stadig hurtigere henfalder efter ligningen



Imidlertid virker dioxygen i (triplet)grundtilstanden, det overvejende produkt i (2), ikke blegende under vaskebetingelser, så reaktionen må betragtes som en spildreaktion. I en længerevarende diskussion i litteraturen har både den anslåede singlettilstand $^1\text{O}_2$ af dioxygen, superoxid [eller dioxid(1-), altså O_2^-] og hydroxyl (eller oxidanyl, altså radikalet $\text{HO}^\bullet$) været foreslået som den egentlige blegende species i hydrogenperoxidopløsninger. Disse hypoteser anses nu mest for modbeviste. Singletdioxygen har f.eks. en meget kort levetid, der gør det ineffektivt som blegemiddel i opløsning (eftervist ved kontrollforsøg).

Hypochlorit og hydrogenperoxid

Dioxygen (til dels i singlettilstanden) dannes i øvrigt ved reaktionen

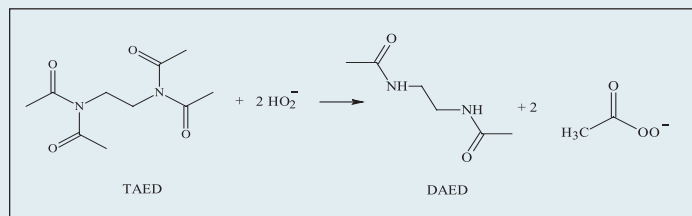


Denne reaktion forløber, når chloreret postevand bruges til at tilberede en hydrogenperoxidholdig vaskeopløsning. Det betyder, at hydrogenperoxid kan beskytte enzymer og andre komponenter, der er følsomme over for chlor eller hypochlorit.

»Oxygenbaserede blegesystemer«, anden generation: persyre dannelse *in situ*

Som omtalt virker natriumperborat og natriumpercarbonat ikke særlig godt som blegemidler ved temperaturer under 60 °C. I 70'erne kom oliekrisen og dermed et udtrykt ønske om at spare energi ved at nedsætte vasketemperaturen. (Det blev i øvrigt bakket op af en mode, der i stigende grad involverede kulørt tøj og tøj baseret på kunststoffer, som ikke tålte vask ved høje temperaturer.)

Et stort fremskridt var derfor *blegeaktivatoren* TAED, 'tetraacetylethylendiamin', eller på IUPAC'sk *N*-acetyl-*N*-[2-(diacetyl-amino)ethyl]acetamid, udviklet af Unilever. Denne forbindelse kan pga. sine strategisk placerede acetylgrupper reagere med dioxidanid under dannelse af peroxyeddikesyre (her vist som anionen peroxyacetat), figur 2. Fidusen er, at pereddikesyre/peracetat udgør et meget bedre blegesystem ved 30 °C eller 40 °C end dioxidan/dioxidanid.



Figur 2. Perhydrolyse af TAED. To acetylgrupper i molekylet er aktiverede for perhydrolyse; tilbage bliver DAED, 'diacetylethylendiamin' eller *N*-[2-(acetyl-amino)ethyl]acetamid, der ikke reagerer videre.

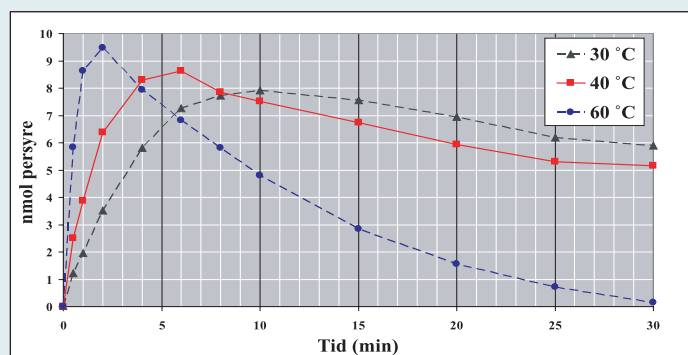
Reaktionen i figur 2 fremmes af højt pH, der giver en højere koncentration af dioxidanid. Til gengæld bleger pereddikesyre/

peracetat bedst ved pKa for pereddikesyre (ca. 8.3). Der skal altså indgås et kompromis. Normalt tilstræber man en begyndelses-pH på 10-10.5 i vaskemiddelopløsninger med TAED-systemet, ofte ved at basere formuleringen på en carbonatpuffer. Efterhånden som perhydrolysen forløber, falder pH og nærmer sig blegeoptimum for pereddikesyre.

Perhydrolysen forløber hurtigere ved højere temperatur, men den dannede pereddikesyre er ustabil, idet den henfalder bl.a. ved afgivelse af dioxygen:



Man får derfor karakteristiske kurver for forskellige temperaturer ved at måle pereddikesyre/peracetat som funktion af tiden, jf. figur 3.



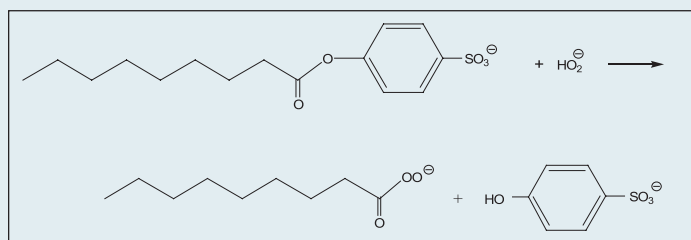
Figur 3. Totalmængde (nmol) pereddikesyre + peracetat målt i 5 µL-prøver udtaget fra en 5 mM carbonatpuffer, hvori 1 mM TAED perhydrolyseres med 10 mM H_2O_2 . Start-pH 10.0. Prøverne er analyseret for persyre ved metoden omtalt i [2]. Kurven ved 60 °C topper næsten oppe ved det teoretisk mulige niveau 2 mM.

Det er altså ikke ligegyldigt, hvornår prøver udtages af en vaskemiddelopløsning med TAED-systemet. Komponenterne i vaskeopløsningen »oplever« også denne tidsafhængighed. Ved 30 °C er der et vindue, hvor et enzym, der går hurtigt i opløsning, kan nå at indvirke på en besmudsning, før det måske selv inaktiveres af, eller besmudsningen irreversibelt omdannes af, persyren. Sådanne overvejelser er vigtige ved vasketest af enzymer i blegemiddelholdige vaskeopløsninger.

I 80'erne og de tidlige 90'ere blev TAED-systemet enerådende i europæiske vaskemidler. Imidlertid fungerer det ikke godt på det nordamerikanske marked. Det kan skyldes, at koncentrationer af vaskemiddelingredienser i vaskevæsken typisk er 5-8 gange lavere i en normal USA-vask end i en europæisk (jf. artikel 1). Vasken varer endvidere kortere tid, typisk 12-15 min. Vigtigst er det imidlertid nok, at de mest betydningsfulde besmudsninger på det amerikanske marked er udpræget hydrofobe som f.eks. græs, carotenoide pletter (tomatketchup, barbecuesovs osv.) samt almindelig *dinge* (snavs, »nus«), altså f.eks. skjortekravesmuds. TAED's »kernebesmudsninger« er derimod te, rødvin og frugt- og bærfarver, som alle er hydrofile.

NOBS-systemet

P&G (Procter & Gamble) udviklede derfor blegeaktivatoren NOBS, der virker ved at danne den hydrofobe peroxy-nonansyre, figur 4. Blegesystemet blev markedsført i 1988 i pulvervaskemidlet *Tide with Bleach* (se figur 3 i artikel 1, produkt nr. 6 på billedet). Det var det første vaskemiddel med inkorporeret blegemiddel på det nordamerikanske marked og var baseret på meget grundig forskning, som P&G redegjorde for i artikler og kongresindlæg i den efterfølgende periode (se f.eks. [3]).



Figur 4. Perhydrolyse af NOBS.

Frie persyrer

Begge blegesystemer ovenfor har nogle ulemper. Dels det omtalte pH-dilemma. Dels er det tokomponentsystemer, hvilket fordyrer produktionen og betyder, at der ikke vil være det optimale forhold mellem de to komponenter i hver eneste vask. Man har derfor i mange år arbejdet på at finde persyrer, der kan inkorporeres direkte i vaskemidler. Det er ofte strandet på problemer med lagerstabilitet af persyren og visse af de øvrige vaskemiddelingredienser i nærvær af persyren. For nylig er PAP (se boks 1) blevet lanceret; tiden vil vise, om den er levedygtig på markedet.

Chlorfrie maskinopvaskemidler kom i 90'erne

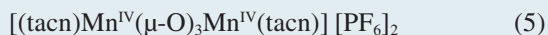
Traditionelle maskinopvaskemidler indeholdt forbindelser med aktiverede grupper $>N-Cl$, der ved basisk hydrolyse frigjorde hypochlorit, f.eks. N,N' -dichlorisocyanurater. Disse produkter gav et meget højt pH (ca. 12) under vasken og efterlod en kraftig chlorlugt. Det kom som allerede nævnt ikke på tale at inkorporere enzymer. Men så skete der en af de tidligere omtalte mindre revolutioner. Man gik over til at bruge TAED-blegesystemer i stedet for chlorforbindelser, sænkede produkternes pH og begyndte at tilsætte enzymer. Sådanne formuleringer er dominerende på markedet i dag.

Blegekatalysatorer – Omo Power-skandalen

Fra gammel tid har man kendt »blegningsskader« forårsaget af overgangsmetalioner i vaskevandet (eller i procesvandet i tekstilblegning) sammen med hydrogenperoxid. Mekanismen antages at være dannelse af radikaler, navnlig hydroxyl, $HO^\bullet$, katalyseret af metalionerne. Det er slagkraftig kemi, og man fik da den tanke at tøjle disse reaktioner og nyttiggøre dem. Gamle patenter taler om kontrolleret dosering af simple overgangsmetalforbindelser som f.eks. mangan(II)-salte, men senere gik

jagten blandt mere eller mindre eksotiske kompleksforbindelser. (De ultimative kompleksforbindelser er overgangsmetalbaserede redoxenzymer, men mere herom i en senere artikel).

Og så skete det. Unilever havde i de tidlige 1990'ere en aftale med professor Karl Wieghardt ved Ruhr-universitetet i Bochum, som forskede i modelsystemer for manganbaserede redoxenzymer. De overtog nogle af hans synteseprodukter. Én af forbindelserne var det tokernede mangankompleks tri- μ -oxo-bis[(1,4,7-triazonan)mangan](2+) i form af saltet



I 1993 havde Unilever opdaget, at denne forbindelse gav en særdeles kraftig blegevirkning sammen med hydrogenperoxid, og de lancerede i Europa vaskemidlerne *Omo Power med Accelerator* (*Persil Power* i UK). *Accelerator* var den kommercielle betegnelse for (5). Man havde imidlertid ikke testet omhyggeligt nok for skadevirkningerne. Modstanderen P&G gik til pressen med testresultater, der bl.a. viste kulørte shorts, der var misfarvede og på det nærmest vasket til laser ved brug af *Omo Power*. Det var meget belastende for Unilever, der måtte trække *Power*-vaskemidlerne tilbage og se salget betydelig reduceret. Ved skæbnens ironi kom der i *Nature* først en journalistisk omtale [4] af miseren med skadevirkningerne og derefter, en uge senere, en faglig artikel om mangankompleksernes vel-signelser, forfattet af Unilevers forskerteam [5]. I lang tid efter var metalkomplekser nærmest tabu i vaskemiddel-sammenhæng, og producenterne blev særdeles forsigtige og meget omhyggelige med at teste skadevirkninger.

I maskinopvask er der ikke samme oplagte risikomomenter ved at have et kraftigt oxidationssystem, og adskillige overgangsmetalkomplekser har angiveligt været brugt i maskinopvaskemidler. Nu har frykten for komplekserne endda fortaget sig så meget, at Ciba for nylig lancerede et én-kernet mangan(III)-kompleks til brug sammen med hydrogenperoxid i tøjvaske-midler, der skal kunne blege ved lav temperatur [6]. Det bliver spændende at se, om denne katalysator virker tilfredsstillende.

Der er også hektisk aktivitet med at finde katalysatorer, der kan anvende dioxygen fra luften som primær oxidant, så man slipper for at tilsætte peroxid (»aerial bleaching«). Et lille aberdabei ved den teknik er, at der kun er ca. 0.25 mm dioxygen i en vaskevæske mættet med atmosfærisk luft, og opløsning af mere er en langsom proces.

Boks 1

Blegesystemer i moderne vaskemidler

peroxidkilder

hydrogenperoxid (kun i visse flydende plet-forbehandlingsmidler osv.), H_2O_2
 »natriumperborat-monohydrat« (SP1, SPM), $NaBO_3 \cdot H_2O$
 »natriumperborat-tetrahydrat« (SP4, SPT), $NaBO_3 \cdot 4H_2O$
 eller bedre $Na_2[(HO)_2B(OO)_2B(OH)_2] \cdot 6H_2O$
 natriumpercarbonat (SPC), $2Na_2CO_3 \cdot 3H_2O_2$

blegeaktivatorer

tetraacetylenhydramin (TAED), $[CH_3C(=O)]_2NCH_2CH_2N[C(=O)CH_3]_2$
 natriumnonanoyloxybenzensulfonat [(S)NOBS], $CH_3[CH_2]_7C(=O)OC_6H_4SO_3^- Na^+$

frie persyrer

i dag navnlig 6-phthalimidoperoxyhexansyre (»PAP«)

blegekatalysatorer

overgangsmetalkomplekser, f.eks. pentaamminaquacobalt(III)nitrat (»PAAN«) og diverse mangankomplekser

fotoblegemidler

sulfonerede phthalocyaninkomplekser af aluminium og zink

Som tommelfingerregel kan man regne med, at der i en brugsopløsning af et europæisk vaskemiddel eller opvaskemiddel med TAED-aktiveret blegesystem genereres op til nogle få mm pereddikesyre. I både TAED- og NOBS-systemet skal der være overskud af peroxidkilden (molmæssigt 3-5 gange så meget peroxid som perhydrolysérbare grupper) for at få den optimale virkning.

Boks 2

Idéer til eksperimenter og klasseaktiviteter med blegesystemer

Kvalitativ påvisning i vaskemiddel: iodidtest (blegemidlet oxiderer iodid til iod) eller peroxidasebaserede peroxidstrips.

Kvantitativ bestemmelse: iodometrisk titrering af vaskemidler eller vaskeopløsninger giver information om indhold af peroxid + persyre. Udføres typisk i svovlsurt miljø. Kan også bruges til hypochlorit (diskussion: reaktion med iodid versus dannelse af frit dichlor). Persyrer titreres ikke ved permanganat- eller cerium(IV)-titreringer, så en kombination af to titreringer kan i princippet bruges til at bestemme både peroxid og persyrer.

På Novozymes bruger vi ofte en lokal version af metoden i [2] til systemer med blegeaktivator. Metoden har været omtalt ved Erhvervsakademi Roskildes efteruddannelseskurser og indgår i øvelsesprogrammet på Ungdomslaboratoriet ved H.C. Ørsted-Instituttet (www.ulab.ku.dk). Den kræver dog god tid til indkøring.

TAED er i dag kommercielt tilgængeligt som laboratoriekemikalie, hvis man vil anstille eksperimenter med det. Andre mindre eksotiske acylforbindelser $RC(=O)L$ med gode leaving-grupper L^- , f.eks. phenylestere og endda en forbindelse som triacetin (tri-*O*-acetyl glycerol), udviser signifikant perhydrolyse, omend de klart er mindre effektive end TAED.

Vil man teste blegevirkning på pletter, kan man forsøge at producere besmudsningerne selv eller købe dem fra firmaer, der lever af at fremstille testmaterialer. Det sidste er dyrt. Vil man selv fremstille materialerne, f.eks. ud fra te, rødvin eller frugtsaft, må man til gengæld være indstillet på en del besvær med reproducérbarhed, bl.a. fordi det kan være svært at skaffe konsistente udgangstekstiler (NB:

der er for øvrigt næsten altid brugt optisk hvidt ved fremstillingen) og fordi besmudsningerne typisk er stærkt afhængige af både fremstillingsmåde og efterfølgende ældning af pletterne. (Ingen kommentarer om forskellene på årgange af slotsaftappede rødvine...)

Man kan endelig ud fra ovenstående analytiske hints mere sig med at designe eksperimenter, der kan bruges til at eftervise reaktionen (3).

Tilstedeværelsen af optisk hvidt i vaskemiddel eller på tekstil kan let konstateres ved belysning med UV-lampe og iagttagelse af fluorescensen eller mere nøjagtigt ved brug af fluorescensspektrofotometer. Se igen materialet fra Ungdomslaboratoriet.

»Aktiv oxygen« og »aktiv chlor«

Rent bortset fra diskussioner om hvilke species, der er ansvarlige for blegereaktionerne i opløsninger af diverse blegemidler, så har man traditionelt angivet indhold af aktivt blegemiddel som indhold af »aktiv oxygen«, hhv. »aktiv chlor«, ofte i form af »% aktiv oxygen«, »ppm aktiv chlor« o.l., hvorved man tæller oxidationsækvivalenter og opfatter det, som om det er O_2 , hhv. Cl_2 , der er de blegende species (under formel reduktion til hhv. oxid og chlorid), og så angiver masseindholdet af disse. Eksempelvis har en opløsning af hydrogenperoxid med et indhold af 'aktiv oxygen' på $x\%$ et masseindhold af hydrogenperoxid på $(x/32) \times 2 \times 34\%$ (faktor 2 er forholdet mellem de 4 oxidationsækvivalenter hos O_2 og de 2 hos H_2O_2). Andre ofte tvetydige angivelser florerer, som 'ppm chlor' eller 'ppm hypochlorit', hvor det ikke er specificeret, om der er tale om Cl_2 , NaOCl eller OCl, og giver rige muligheder for eksercits i regning med formelvægte og masseindhold.

Andre blegemidler og beslægtede ingredienser: fotoblegemidler, blånelse, optisk hvidt

Fotoblegemidler (jf. boks 1) er forbindelser, der adsorberes til vasketøjet og, hvis tøjet tørrer i kraftigt sollys, katalyserer omdannelse af tripletdioxygen til singlettilstanden. Når sidstnævnte dannes direkte på tekstilfibre, er det et effektivt blegemiddel på hydrofile pletter. Fotoblegemidler har været anvendt med succes i middelhavslændene, hvor der er megen sol og tøj typisk tørres udendørs. Der har imidlertid også været tilsat fotoblegemidler i førende vaskemiddelmærker i Nord-europa. Forklaringen kan være, at fotoblegemidlerne i kraft af deres intense blå farve også kan virke som *blånelse*, dvs. modvirke et gulligt skær på tøjet ved at tilføje komplementærfarven. Traditionel blånelse består af *blå ultramarin*, et aluminiumnatriumsilicat med et indhold af trisulfid (S_3^{2-}), der er ansvarlig for farven.

Blånelse virker altså ved at absorbere lys i den del af det synlige bølglængdeområde, hvor det gullige vasketøj ikke absorberer. Resultatet er en nogenlunde konstant (men lavere) absorption over hele spektret. *Optisk hvidt* virker ved at fluorescere i det blå, dvs. ved at udsende lys dér, hvor de gullige besmudsninger absorberer. Optisk hvidt er typisk organiske forbindelser med mange konjugerede dobbeltbindinger. Det virker kun ved bestråling med ultraviolet lys, hvorfor virkningen normalt er negligibel i lokaler med kunstig belysning, stærkere i dagslys og udpræget »selvlysende« i diskotekstils o.l.

Blegemidler og desinfektion

Et vaskemiddels eller opvaskemiddels samlede desinficerende virkning er baseret på flere processer, f.eks. fjernelse af belægninger, hvori mikroorganismerne sidder (effektueret af overfladeaktive stoffer og enzymer) og direkte drab (effektueret af persyrer). I maskinopvask har det været afgørende, at den desinficerende virkning kendt fra de barske chlorholdige og stærkt alkaliske førstegenerationsprodukter kunne bevares ved erstatning med enzymer og aktiveret blegesystem.

Blegemidler i flydende vaskemidler?

Blegemidler tilsættes til vaskemidler, der skal bruges til vask af især hvidt tøj, undertøj, sengelinned m.v. Flydende vaskemidler vinder kraftigt frem i disse år på nogle markeder, især i USA og Storbritannien. Forbrugere, der foretrækker flydende vaskemidler, ville givetvis sætte pris på også at kunne købe nogle med blegemiddel. Det er imidlertid ikke lykkedes (endnu) at fremstille et fuldt formuleret, stabilt flydende tøjvaskemiddel med blegemidler.

Litteratur

Blegesystemer er behandlet i de generelle værker om vaskemidler anført i litteraturlisten i artikel 2. Der kommer jævnligt oversigtsartikler, som f.eks. [7]. Der er også en omfattende litteratur, der forsøger at trænge til bunds i mekanismerne bag blegeprocesserne (som f.eks. [8]) samt talrige analytisk-kemiske publikationer af typen [2].

E-mail-adresse
Ture Damhus: tda@novozymes.com

Referencer

1. **E. Rancke-Madsen:** *Grundstoffernes Opdagelseshistorie* [G.E.C. Gad, 1984].
2. **W.H. Binder and F.M. Menger:** Assay of peracid in the presence of excess hydrogen peroxide, *Anal. Lett.* **33** (3) (2000) 479-488.
3. **J.K. Grime et al.:** Optimization of Laundry Bleaching Efficiency, *Tenside Surf. Det.* **29** (1992) 1-27.
4. **M. Verrall:** Soap giants trade blows over tests, *Nature* **369** (1994) 511.
5. **R. Hage et al.** (12 andre forfattere): Efficient manganese catalysts for low-temperature bleaching, *Nature* **369** (1994) 637-639. Se også A.E. Comyns: Bleaching catalyst revealed, *ibid.*, 609-610.
6. **C. Boswell:** Tech Watch: Ciba's Tinocat Bleaching Catalyst, *Chem. Market Reporter* **265** # 4 (2004), January 26.
7. **N.J. Milne:** Oxygen Bleaching Systems in Domestic Laundry, *J. Surf. Det.* **1** # 2 (1998) 253-261.
8. **D.M. Davies et al.:** Micellar kinetics of acyl transfer from *n*-nonanoyloxybenzenesulfonate and phenyl nonanoate bleach activators to hydrogen peroxide and permonosulfonic acid: effect of charge on the surfactant and activator, *J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2*, 1998, 1597-1602.