

Beljenje s peroksiocetno kislino

Predstavljena je peroksiocetna kislina (PAA) kot oksidacijsko belilno sredstvo, njena uporaba v tekstilstvu, način pridobivanja in lastnosti. Peroksiocetna kislina se pri plemenitenju tekstilij malo uporablja, kljub nekaterim prednostim, ki jih ima pred običajnimi belilnimi sredstvi. Je močan oksidant, ki deluje v nevtralnem do šibko alkalnem mediju pri relativno nizkih temperaturah, ne poškoduje celuloznih vlaken in ne obremenjuje odpadnih vod z nevarnimi spojinami. Doseženi belilni učinki so primerljivi z učinki drugih belilnih sredstev. Pogosto se omenja kot nadomestilo za natrijev hipoklorit in kot sredstvo za beljenje stebelnih vlaken.

Ključne besede: peroksiocetna kislina, beljenje, oksidacija, celulozna vlakna

Peracetic Acid Bleaching in Textile Processing

Peracetic acid as an oxidising bleaching agent, its use in textile processing, the way of producing and its properties will be presented. Peracetic acid is not much used at textile finishing although it has some advantages in comparison to other bleaching agents. PAA is a strong oxidising agent, acting in neutral to weakly alkaline conditions at relatively low temperatures. It has no damaging effect on cellulosic fibres and it is harmless for bleaching effluents. The bleaching effects of PAA are comparable to the effects of other bleaching agents. It is often mentioned as a substitution for sodium hypochlorite and as an agent for bleaching bast fibres.

Keywords: peracetic acid, bleaching, oxidation, cellulose fibres

UDK 677.027.26

1.0 UVOD

Peroksiocetna kislina – PAA (*peracetic acid*) je oksidacijsko sredstvo, ki se že dolgo uporablja kot surovina v kemični industriji, in kot dezinfekcijsko sredstvo v živilski industriji, v medicini in pri pripravi vode, npr. za dezinfekcijo naprav za ionsko izmenjavo [1, 2]. Že v nizkih koncentracijah in pri kratkih časih delovanja je zelo učinkovita proti različnim vrstam mikroorganizmov. Antimikrobiološko delovanje se ohrani tudi pri temperaturah pod 10 °C. Uporablja se kot belilno sredstvo v papirni in tekstilni industriji ter v pralnicah perila. Ker je ekološko neoporečna, jo danes uporabljajo kot belilo v mnogih gospodinjskih pralnih praških. PAA nastaja tekom pranja, najpogosteje pri pretvorbi perboratov s specialnimi aktivatorji, ki vsebujejo acetilne skupine [3, 4].

Beljenje s peroksiocetno kislino so poznali že v 50-ih letih, vendar se zaradi visoke cene in nekaterih potencialnih nevarnosti, povezanih s tem sredstvom, ni širše uveljavila. Dolga leta se je v manjši meri uporabljala le za beljenje pestro tkanih tkanin [5]. Prvi novi začetki na

tem področju izvirajo iz sredine 80-ih let z ameriških raziskovalnih inštitutov, kjer so raziskovali različne možnosti uporabe peroksiocetne kisline [6]. V začetku 90-ih let pa se je začelo intenzivno iskanje postopka, ki bi nadomestil kloritno beljenje pletiva. Peroksiocetno beljenje se danes največ uporablja prav kot nadomestilo hipokloritnega in kloritnega beljenja bombažnih pletenin in lanenih tkanin [7–11].

2.0 PRIDOBIVANJE IN LASTNOSTI PEROKSIOCETNE KISLINE

Peroksiocetna kislina se lahko pripravi na dva načina:

- iz očetne kisline in vodikovega peroksida,
- iz anhidrida očetne kisline in vodikovega peroksida.

2.1 Ravnotežna peroksiocetna kislina

Industrijsko se peroksiocetna kislina sintetizira iz vodikovega peroksida in očetne kisline. Reakcija je prika-

zana z enačbo (1). Ker je reakcija ravnotežna, vsebujejo tržne raztopine manjši ali večji delež očetne kisline in vodikovega peroksida. Tako sintetizirano spojino imenujejo tudi ravnotežna peroksiocetna kislina. Tržne raztopine ravnotežne PAA so stabilizirane z minimalnim dodatkom nekega kompleksanta.

Aktivnost ravnotežne PAA se ob dobrem stabiliziranju in ustreznem skladiščenju daljši čas ne spremeni. Pri razredčenju z vodo pa pride do hidrolitičnega razkroja PAA, pri čemer nastajata očetna kislina in vodikov peroksid. Razredčenih raztopin zato ne moremo ohraniti dalj časa. Hitrost hidrolize je odvisna od pH in temperature. Tudi ioni težkih kovin katalizirajo reakcijo razpada [1].

Ravnotežna PAA je v prodaji kot 5, 15 ali 40 % raztopina. Visokokonzentrirana 40 % PAA, ki lahko z zrakom tvori eksplozivno zmes, se uporablja predvsem kot surovina v kemični industriji. Za tekstilno plemenitenje

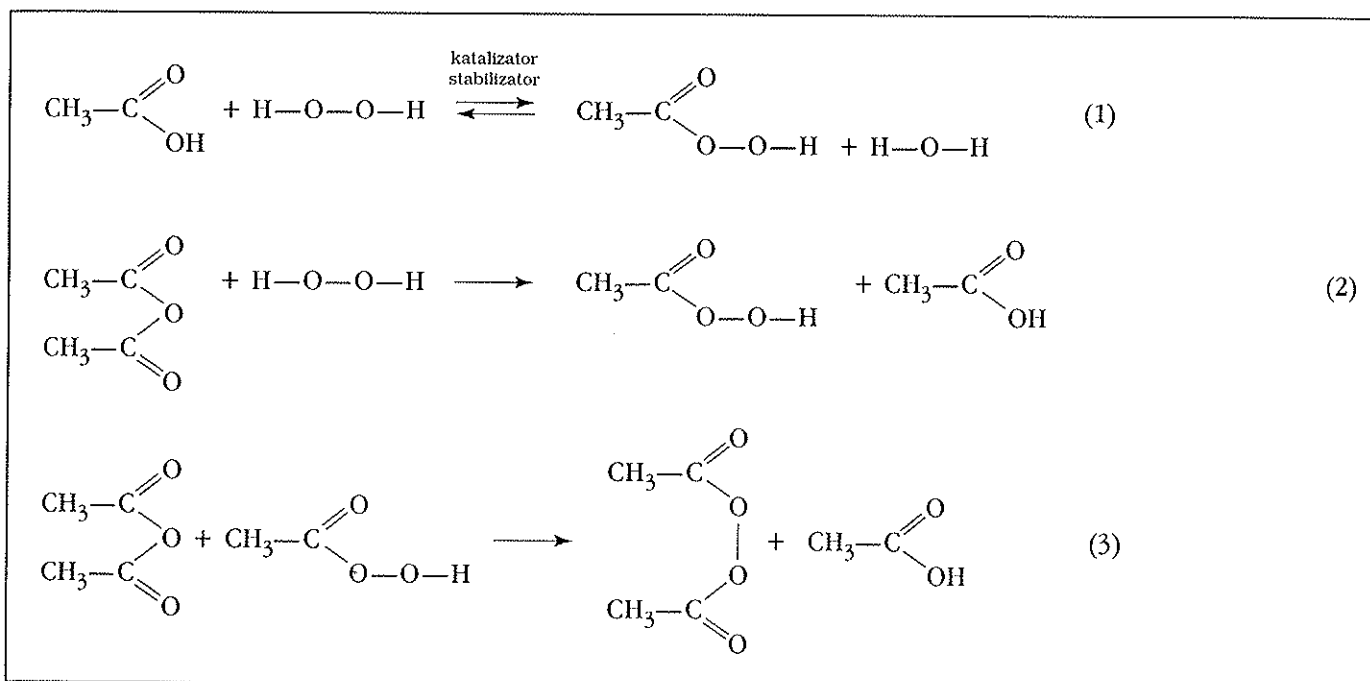
so primerne bolj razredčene raztopine. V 5 in 15 % dobro stabilizirani tržni obliki se lahko PAA uporablja brez nevarnosti eksplozije. Avtokatalitični razpad stabilizirane PAA se prične šele nad temperaturo 60 °C.

V Sloveniji proizvaja ravnotežno PAA Belinka pod imenom Persan S. V preglednici 1 so prikazane fizikalne lastnosti in sestava tržnih produktov Persan S [2].

2.2 Sinteza peroksiocetne kisline in situ [1, 8, 12]

PAA se lahko sintetizira neposredno v belilni kopeli ali tik pred pripravo belilne kopeli iz anhidrida očetne kisline in vodikovega peroksida v vodni raztopini. Ta reakcija je prikazana z enačbo (2).

Poleg te reakcije pa lahko ob prebitku anhidrida očetne kisline poteka stranska reakcija, v kateri nastaja diacetilperoksid (enačba (3)). Ta je zelo eksploziven



Preglednica 1: Fizikalne lastnosti in sestava tržnih produktov Persan S, Belinka

	Persan-S15		Persan-S5	
Peroksiocetna kislina	najmanj 15 ut. %		najmanj 4,5 ut. %	
Vodikov peroksid	ca. 20 ut. %		ca. 30 ut. %	
Gostota pri 20 °C	1,14 g/cm ³		1,12 g/cm ³	
pH koncentrata	< 1		1	
Vnetišče	> 97 °C		> 97 °C	
Spodnja eksplozijska meja	eksplozira pri segrevanju nad 110 °C		eksplozira pri segrevanju nad 110 °C	
pH delovne (vodne) raztopine	koncentracija	pH	koncentracija	pH
	0,05 %	6,9	0,05 %	7,5
	0,1 %	6,8	0,1 %	7,3
	0,5 %	4,6	0,5 %	5,5
			1,0 %	4,6

in zato je potrebno paziti, da ne pride do prebitka anhidrida v raztopini. Diacetilperoksid nastaja le v relativno koncentriranih raztopinah, kar pomeni, da ne smemo pripravljati koncentriranih matičnih raztopin.

Pri pripravi belilne kopeli je pomemben vrstni red dodajanja kemikalij in sicer najprej tenzidno sredstvo, nato vodikov peroksid in nato anhidrid očetne kisline. Po dodatku aktivatorja se pH nastavi na 7 z NaOH in doda še pufrno sredstvo. Če alkalijo dodamo pred anhidridom očetne kisline, ta v alkalni kopeli hidrolizira v dve molekuli očetne kisline in do nastanka PAA ne pride. Firma CHT predlaga naslednjo recepturo za sestavo belilne kopeli [8].

- 1 % Lawotan RWS – neionogeno omakalno sredstvo
- 5 % H₂O₂ 35 %
- 5 % anhidrid očetne kisline 100 %
- 1 % CHT-Aktivator AX
- nastavitev pH na 7 z NaOH
- 1–3 % CHT-Puffer BX

Drugi avtorji [6, 12] pa za aktivacijo predlagajo 2,2' bipiridin, za stabiliziranje raztopin natrijev tetraborat ali pirofosfat [11] za omakanje pa natrijev lauril sulfat ali druga omakalna sredstva.

In situ sinteza se je izvajala predvsem zaradi visoke cene ravnotežne industrijsko pripravljene PAA. Ker pa

se je cena ravnotežne PAA v zadnjih letih močno znižala ter zaradi nevarnosti eksplozije, se ta postopek v industrijski praksi ne uporablja, zasledimo ga le še pri laboratorijskem znanstvenem delu [12–14].

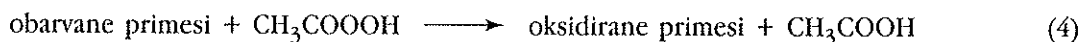
2.3 Kemija beljenja

Molekulska masa peroksiocetne kisline je 76 g mol⁻¹, vsebuje približno 21 % aktivnega kisika in je nad 40-odstotno koncentracijo eksplozivna. Redoks potencial te spojine je med 1020 in 1040 mV, kar je manj kot pri natrijevem hipokloritu (ca. 1450 mV) in več kot pri vodikovem peroksidu (ca. 840 mV) [5].

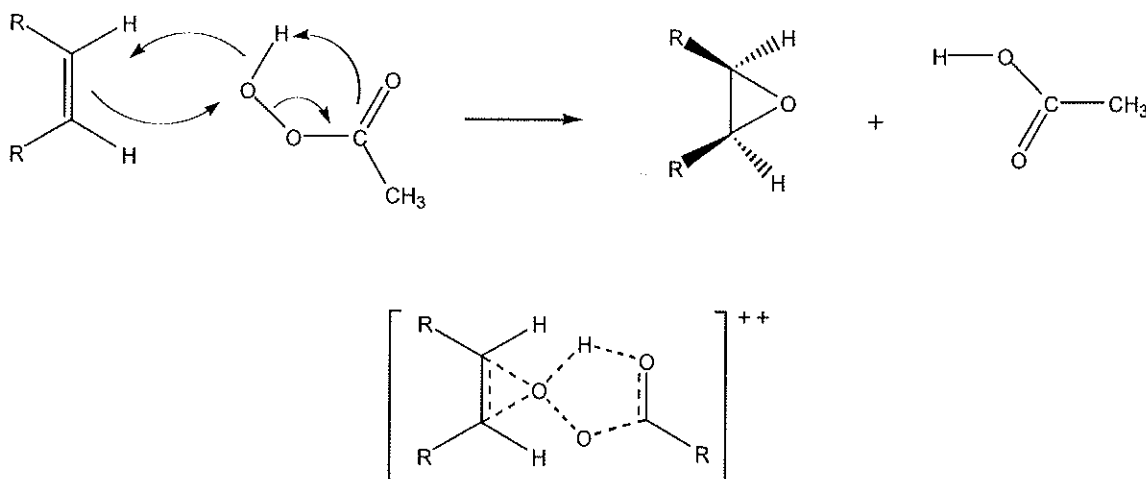
Obarvane primesi bombaža in drugih vlaken vsebujejo snovi z dvojnimi vezmi, ki jih oksidacija prekine ter s tem povzroči razbarvanje. Mehanizem oksidacije dvojnih vezi s peroksikarboksilnimi kisljinami je prikazan na sliki 1 [15].

Poenostavljeno beljenje s peroksiocetno kislino pa prikazuje enačba 4.

Maksimalni belilni učinek doseže teoretično pri pH 8.2, kar ustreza pK vrednosti PAA in je tisti pH, pri katerem sta koncentraciji peroksiocetne kisline in peracetatnega aniona enaki. Da bo reakcija pravilno pote-



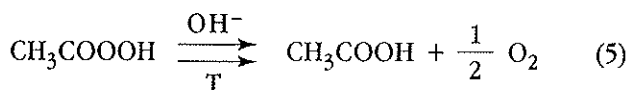
Pri oksidaciji s peroksikarboksilnimi kisljinami gre za elektrofilni napad šibke polarizirane O—O skupine na π orbitalo alkena. Proton se prenese z epoksidnega kisika na stranski produkt reakcije – očetno kislino. Prikazana sta mehanizem reakcije in prehodna stanja epoksidacije:



Končni produkt reakcije je epoksid in karboksilna kislina.

Slika 1: Oksidacija dvojnih vezi s peroksikarboksilnimi kisljinami

kaša, je potrebna natančna kontrola pogojev beljenja. Če je $\text{pH} > 9$, je razpad PAA izredno hiter, zaradi česar so doseženi belilni učinki nižji, lahko pa pride tudi do poškodb vlaken. Razpad PAA v alkalnem prikazuje enačba 5, enak vpliv, vendar v manjšem obsegu pa ima tudi temperatura.



V kislem je PAA zelo stabilna in beljenje poteka zelo počasi (enačba 1).

V praksi se je pokazalo, da je najbolj primerno beliti v pH območju med 7 in 8 [5-14].

Glede na to, da PAA razpade na očetno kislino in kisik, je popolnoma ekološko neškodljiva. Pri beljenju sproščena očetna kislina pa le zanemarljivo poveča KPK vrednosti odpadne vode. Izrabljena delovna raztopina ne škoduje biološkim čistilnim napravam.

Pri beljenju s PAA sta v raztopini hkrati prisotna tako PAA kot tudi vodikov peroksid. Za določanje koncentracije PAA je tako potrebno izvesti dve titraciji. Z jodometrično titracijo določimo skupno količino oksidacijskega sredstva, s titracijo s kalijevim permanganatom pa le količino peroksida. Iz razlike obeh rezultatov lahko izračunamo količino PAA v kopeli.

3.0 UPORABA V TEKSTILSTVU

Danes se pri tekstilnem plemenitjenju kot oksidacijsko sredstvo največ uporablja vodikov peroksid. Natrijev hipoklorit in natrijev klorit, ki sta se včasih veliko uporabljala, še posebno za občutljive artikle in za težko oksidirajoče substrate, povzročata ekološke probleme, saj obstaja nevarnost zviševanja AOX obremenitve odpadnih vod.

Peroksiocetna kislina za okolje ni škodljiva, pred vodikovim peroksidom pa ima naslednje prednosti:

- PAA je močno oksidacijsko sredstvo, ki je sposobno napasti težko oksidirajoče spojine. S PAA lahko belimo vlakna, ki vsebujejo velik delež lignina (lan in druga stebelna vlakna). Postopek je ekonomičen in ne poškoduje vlaken [6].
- pK vodikovega peroksida je 11,8. Maksimalna hitrost razpada in s tem maksimalna učinkovitost peroksida je v pH območju, ki ustreza pK vrednosti. Beljenje tako poteka v močno alkalnih kopelih. Po beljenju je potrebno intenzivno pranje, s katerim iz tekstilnega materiala odstranimo presežno alkalijo.
- pK peroksiocetne kisline je 8,2, kar pomeni, da se PAA pri plemenitilnih procesih uporablja v nevtralnih do šibko alkalnih raztopinah. Po beljenju je potrebno le izpiranje za odstranitev omakalnih sredstev. Nevtralizacija ni potrebna.

- Vodikov peroksid je potrebno za beljenje aktivirati z visoko temperaturo in močno alkalnim pH. Pri teh pogojih obstaja velika nevarnost poškodb vlaken, posebno v prisotnosti katalitov, zato je potrebno v belilne kopeli dodajati stabilizatorje. Pri beljenju s PAA v nevtralnem in pri zmernih temperaturah so poškodbe minimalne tudi brez dodanih stabilizatorjev.

PAA je opisana kot sredstvo za beljenje bombaža [5-14], lanu [7, 9, 10], jute [13], čipk in vezenin [16]. Schirmer [5] navaja, da je PAA primerna za beljenje mešanic PES/bombaž, PAN/bombaž in mešanic iz acetatnih in viskozni vlaken. Pri mešanicah PES/bombaž na PES sicer ni belilnega učinka, vendar tudi ni negativnih vplivov alkalije in visoke temperature. Prav tako se v mešanici PAN/bombaž PAN ne obeli, a tudi ne porumeni, kot pri beljenju s H_2O_2 .

Karmakar [4] navaja, da je PAA zelo primerna za beljenje celuloznega acetata, lahko pa se uporablja tudi za beljenje poliamida in poliakrilonitrila.

V belilno kopel moramo poleg oksidacijskega sredstva dodajati še tenzide, alkalijo za uravnavanje pH kopeli in pufrne soli. Namesto pufrnih spojin pa lahko pH uravnavamo tudi z avtomatskim doziranjem alkalije med procesom beljenja, kar je bolj učinkovito in ekonomično.

Zaradi dražječega vonja lahko belimo s PAA v zaprtih aparatih in strojih z dozirnimi sistemom, kot so šobni barvalniki, pramenski barvalni stroji, aparati s križnimi navitki, aparati za barvanje metraže in osnov za tkanje na perforiranih valjih. Z naraščanjem temperature narašča tudi obremenjenost z motečim vonjem, ki lahko postane na odprtih aparatih npr. žigru neznosen. Temu se da delno izogniti z doziranjem minimalne koncentracije PAA. Kontinuirno beljenje je možno na zaprtih impregniranih napravah in zaprtih obdelovalnih enotah z odzračevanjem, predvsem pri nizkih temperaturah [8].

Beljenje s PAA lahko poteka samostojno, praviloma po predhodnem alkalnem izkuhanju, pri katerem se odstranijo naravni inkrusti, ki vplivajo na vpojnost bombažnih vlaken in zrahljajo semenske primesi, ki se pri nadaljnji oksidaciji obelijo. Pogosto pa peroksiocetno beljenje omenjajo kot nizkotemperaturno predbeljenje pred peroksidnim beljenjem. Na tak način je možno doseči višje beline kot s samim vodikovim peroksidom [7, 9, 10, 16]. Z uporabo dveh različnih belilnih sredstev se dosežejo višje stopnje beline kot z večstopenjskim postopkom z istim sredstvom. Peroksidno beljenje je praviloma sledilo hipokloritnemu beljenju, saj peroksid deluje obenem antiklorirno. Zaradi novih predpisov ta postopek izgublja pomen. Namesto hipoklorita lahko danes uporabimo PAA. Uporablja se lahko pri nizkih temperaturah na istih aparatih.

PAA se lahko uporablja enokopelno – dvostopenjsko ali večstopenjsko. Enokopelno – dvostopenjsko se npr. uporablja pri izčrpalnih postopkih, pri čemer se PAA

uporablja v kisli predobdelavi, nato pa se z dodatkom natrijevega luga izrabi še preostali H_2O_2 . Tak postopek je primeren pri čistem, razškrbljenem ali alkalno predobdelanem materialu. Primernejši je večstopenski proces, kjer lažje obvarujemo bombaž pred katalitičnimi poškodbami.

Veliko raziskav poteka na področju beljenja lanu s PAA. Z izmenjavo alkalnega peroksidnega in kislega peroksioksidnega beljenja dosežemo dobro razbarvanje stebelnih vlaken. V LOK postopek lahko uvedemo enokopelno dvostopenjsko PAA – H_2O_2 beljenje, namesto peroksidnega in kloritnega beljenja. Alkalni obdelavi z vodikovim peroksidom sledi kislo PAA beljenje pri pH 5. Po porabi PAA se doda alkalija, ki aktivira preostali vodikov peroksid.

Lan lahko obdelamo tudi v treh stopnjah z začetnim soda alkalnim izkuhavanjem, H_2O_2 beljenjem in PAA beljenjem. Znižanje DP pri obdelavi s PAA je mnogo nižje kot pri obdelavi s hipokloritom.

4.1 Vpliv pogojev beljenja na belilne učinke

Najpomembnejše spremenljivke pri vodenju procesa beljenja so pH, temperatura, čas beljenja in koncentracija belilnega sredstva.

Vpliv pH

S peroksiocetno kislino belimo v relativno ozkem pH območju med 6 in 8. Iz literature je razvidno, da je pri pH 7 dosežena najvišja stopnja beline ob najmanjšem znižanju DP [8, 11]. Pri pH 9 je po nekaterih podatkih stopnja beline nižja [11], po drugih pa višja [7], vendar je belilni učinek neegalen, ker PAA pri teh pogojih izredno hitro razpade. S povečanjem beline se po pričakovanjih tudi nekoliko zniža DP.

Pri nizkih pH pa je PAA nereaktivna. Med beljenjem PAA razpada na belilni kisik in očetno kislino, ki zniža pH belilne kopeli. Čim večji je delež snovi, ki so podvržene beljenju v vlaknih, tem večji je pomik pH v kislo območje. Ta pomik lahko zadržimo, če dodajamo pufrne snovi, s tem pa dosežemo boljši izkoristek PAA in višje stopnje beline.

V nevtralnem mediju celuloza bistveno manj nabreka kot v močno alkalnem pri pH 10 do 13. Ker je gostota materiala manjša, je gibanje kopeli lažje, odstranjevanje mineralnih nečistoč in katalitov pa je bolj učinkovito. Na bolj občutljivih materialih se gube manj fiksirajo pri pH 7 kot pri višjih pH vrednostih.

Pomanjkljivost beljenja pri pH 7 pa je ta, da ostanki semen, listov, luščine in druge primesi, ki izvirajo od rasti vlaken, ne nabrekajo pri pH 7 in se tudi ne obelijo. To je znano tudi pri NaOCl beljenju in preprečuje, da bi se ta belilni postopek uveljavil kot univerzal-

ni postopek za beljenje surovega bombaža. Ob predhodnem izkuhavanju pa se tudi te primesi odstranijo ali obelijo [8, 10].

Vpliv temperature

Stopnja beline raste z naraščanjem temperature [7, 9, 11]. Vendar se belina med 60 in 80 °C bistveno ne spremeni, nekoliko, čeprav minimalno, pa se povečajo poškodbe vlaken, zato predlagajo temperaturo 60 °C kot idealno temperaturo beljenja. V primerjavi z NaOCl, ki se uporablja pri sobni temperaturi, je tu poraba energije večja, vendar se kompenzira z boljšim pralnim učinkom, z boljšo razmastitvijo materiala in višjo belino.

Vpliv časa beljenja

Daljši čas obdelave izboljša stopnjo beline, vendar le do neke vrednosti. Nadaljnje podaljševanje časa ne da boljših rezultatov. Sprejemljivi rezultati beljenja so doseženi že po 10 min, optimalni časi beljenja pa so po navedbah 30 do 60 minut. Če se čas beljenja iz kateregakoli vzroka podaljša, ne pride do znižanja DP. To je velika prednost v primerjavi z NaOCl, kjer prekoračitev časa opazno zniža DP vrednosti.

Vpliv koncentracije

Kot pri vseh belilnih procesih, sorazmerno z naraščanjem koncentracije belilnega sredstva, narašča stopnja beline. Tudi pri visokih koncentracijah PAA je znižanje DP zanemarljivo. Pri postopkih z NaOCl so poškodbe bistveno višje pri enakih ali slabših belilnih učinkih.

Vpliv ionov težkih kovin

Alkalni belilni procesi z vodikovim peroksidom so izredno občutljivi na ione težkih kovin. Katalitične poškodbe vlaken povzročajo veliko gospodarsko škodo. Ioni težkih kovin aktivirajo tudi PAA, ki v prisotnosti bakra, železa, mangana in drugih kovin katalitično razpade. Mnogi poskusi na različnih materialih in različnih strojih pa kažejo, da do katalitičnih poškodb ne prihaja in da je DP po beljenju s PAA še vedno visok [8, 9, 10, 16, 17].

5.0 SKLADIŠČENJE IN RAVNANJE

Raztopine peroksiocetne kisline skladiščimo v zračnih in hladnih prostorih v originalni embalaži z oddušniki, zaščiteni pred soncem in drugimi viri toplote, ter ločeno od drugih izdelkov, predvsem živil. Tržne raztopine so obstojne 6 mesecev, obstojnost pa je zelo odvisna od temperaturnih pogojev. Praviloma je ob-

stojnost pri temperaturi pod 20 °C lahko tudi znatno večja. Stabilna tržna raztopina se po razredčenju relativno hitro razgradi. Razpad pospešijo težke kovine in temperatura. Pripravljene belilne kopeli niso dolgo obstojne. Paziti moramo, da raztopin PAA ne kontaminiramo z nekompatibilnimi snovmi, kot so soli bakra in železa, druge kovine in njihove soli, alkalije itd., ki povzročajo katalitski razpad peroksiocetne kisline in vodikovega peroksida. Neuporabljenega izdelka ne vračamo v osnovno embalažno enoto, ker je lahko med ravnanjem prišlo do kontaminacije.

Raztopine PAA lahko nanašamo na površine jekel, pocinkanega železa, teflona, polistirola, polietilena, emajla in gume. Odsvetujejo uporabo na navadnem železu, bakru, medenini in drugih materialih, ki povzročajo razpad PAA.

Peroksiocetna kislina kot srednje močna do šibka organska kislina z oksidacijskimi lastnostmi razjeda dihalne poti, močno draži kožo in oči. Na koži in sluznici povzroča opekline in razjede. Meja zdržnosti za človeško kožo je 0,4 %. Kot pri vseh oksidacijskih sredstvih je tudi pri PAA potrebno upoštevati varnostne predpise. Pri ravnanju s koncentriranimi raztopinami uporabljamo zaščitne rokavice, obleko in očala. Posode ne smemo premetavati ali preobračati. V primeru razlitja uporabimo gumijasto obušalo in zaščitno masko. Polito tekočino razredčimo z veliko količino vode. Polito obleko je treba takoj sleči in sprati z vodo. Ne smemo vdihavati hlapov kisline. Če pride do poškodb kože ali oči, ta mesta takoj temeljito speremo z vodo, nato pa poiščemo zdravniško pomoč.

Ima tudi dražec vonj, kar zahteva posebne postopke pri uporabi. Pri ravnanju z delovno raztopino ne potrebujemo zaščitne opreme. Sledi raztopine, ki pomotoma zaidejo v živila, niso toksične in ne spremenijo vonja, okusa ali videza živil [2, 9].

6.0 SKLEPI

Peroksiocetna kislina je mnogostransko uporabna. Industrijsko izdelana ravnotežna PAA je danes enostavno dostopna in varnostno tehnično preverjena. Zaradi svojega visokega oksidacijskega potenciala lahko nadomešča natrijev hipoklorit ali klorit pri beljenju tekstilnih substratov. Ne zvišuje AOX vrednosti. V odpadnih vodah razpade na očetno kislino in vodo, tako da ekološko ni sporna. Učinkovita je pri relativno nizkih temperaturah v nevtralnih kopelih. Ustrezna belina se doseže v zmernih časih. Zaradi beljenja v nevtralnih kopelih ni potrebna nevtralizacija po beljenju, poraba izpiralne vode je zato manjša. Poškodbe vlaken so zanemarljive, dosežemo pa visoko belino. Primerna je za beljenje stebelnih vlaken in občutljivih substratov. Vendar pa je za doseganje dobre vpojnosti in odstranitev semenskih primesi potrebno predhodno alkalno izku-

havanje. Zaradi motečega vonja pa ni primerna za uporabo na odprtih belilnih napravah.

Viri

- [1] DENTER, U., SCHOLLMAYER, E. Aspekte zum Einsatz von Peressigsäure als Textilchemikalie. *Melliand Textilberichte*, 1995, vol.9, p. 734-736.
- [2] Varnostni list in tehnična dokumentacija firm Belinka Teol, CHT.
- [3] GORENŠEK, M., GREGORKA M. Belilna sredstva za pranje pri nizkih temperaturah. *Tekstilec*, 1990, let. 33, št.11, str. 377-382.
- [4] KARMAKAR, SR. *Textile Science and Technology 12, Chemical Technology in the pre-treatment processes of textiles*. Amsterdam : Elsevier, 1999.
- [5] SCHIRMER, R. *Die Peressigsäurebleiche - Verfahrensvorschläge für verschiedene Aufmachungsformen und Vorbehandlungsmaschinen, interno gradivo firme CHT*.
- [6] RUCKER, JW., CATES, DM. 2,2'-Bipyridine Catalyzed Bleaching of Cotton Fibers with Peracetic Acid, Part I and II. *Textile Research Journal*, 1988, March and April, p. 148 in 198.
- [7] DENTER, U., POULAKIS, K. in SCHOLLMAYER, E. Einsatz von Peressigsäure in der kombinierten Vorbehandlung von cellulosehaltigem Textilgut. *Textilveredlung*, 1996, vol. 31, no. 3/4, p. 50.
- [8] WURSTER, P. Die Peressigsäurebleiche - eine Alternative zu Bleichverfahren mit halogenhaltigen Oxidationsmitteln. *Sonderdruck aus Textil Praxis International*, 1992, Heft 10, S. 960-965.
- [9] OLIP, V. Peressigsäure eine bleichchemikalie? *Melliand Textilberichte*, 1992, vol. 10, p. 819.
- [10] STEINER, N. Evaluating of Peracetic Acid as an Environmentally Safe Alternative for Hypochlorite. *Textile Chemist and Colorist*, 1995, vol. 27, no. 8, p. 29.
- [11] SOJKA-LEDAKOWICZ, J., LEWARTOWSKA, J. in GAJDZICKI, B. The Possibility of Bleaching Cotton Fabric with Peracetic Acid. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2001, October/December, p. 50.
- [12] GÜRISOY, NC., DAYIOGLU, H. Evaluating Peracetic Acid Bleaching of Cotton as an Environmentally Safe Alternative to Hypochlorite Bleaching. *Textil Research Journal*, 2000, vol. 70, no. 6, p. 475-480.
- [13] CAI, Y., DAVID, SK. Low Temperature Bleaching of Jute Fabric Using a Peracetic Acid System. *Textil Research Journal*, 1997, vol. 67, no. 6, p. 459-464.
- [14] PRABAHARAN, M., NAYAR, RC., RAO, JV. Process Optimization in Peracetic Acid Bleaching of Cotton. *Textil Research Journal*, 2000, vol. 70, no. 8, p. 657-661.
- [15] CLAYDEN, J., GREEEVES, N., WARREN, S. in WOTHERS, P. *Organic Chemistry*, Oxford University Press, 2001, str. 506.
- [16] MÜLLER-LITZ, W., HELLWICH, H., HELLWICH, B. Peressigsäurebleiche: Ein chlorfreies und umweltverträgliches Verfahren. *International Textile Bulletin*, 1997, vol. 3, p. 37-38.
- [17] FORTE-TAVČER, P., KRIZMAN, P. Bleaching of Cotton Fibres with Peracetic Acid. V *1th ITC&DC, Dubrovnik, 2002, Book of Proceedings*, p. 256.