تأثير سورفكتانت‌ها بر خواص خميركاغذ CMP حاصل از صنوبر

مسعود كمره‌ئي[١]، يحيي همزه [٢*]، سعيد مهدوي[٣]، محمد آزادفلاح[٤]، سحاب حجازي[٤]،
سيدمحمد هاشمي‌نجفي[١]، علي عبدالخاني[٤] و فاطمه رمضانيان‌ثاني[١]
[١] دانشجوي كارشناسي ارشد، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[٢] دانشيار دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[٣] استاديار پژوهشي موسسه تحقيقات جنگلها و مراتع كشور، تهران، ايران
[٤] استادياردانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ٨٩/٢/١١، تاريخ تصويب: ٨٩/١٠/١٣)

چكيده

در اين تحقيق اثر افزودن سه نوع سورفكتانت غيريوني با نام‌هاي تجاري PEG-1000، KELA-2 و KECA-20 در چهار سطح ١%، ٢%، ٣% و ٤% به‌عنوان افزودني خميركاغذسازي بر خصوصيات خميركاغذ CMP حاصل از صنوبر، رنگبري اكسايشي خميركاغذ حاصل و خواص كاغذ دست‌ساز آن مورد بررسي قرار گرفت. خميركاغذهاي داراي بيشترين بازده و كمترين وازده حاصل از افزودن سورفكتانت‌ها به‌همراه پخت شاهد (بدون سورفكتانت) انتخاب و طي دو مرحله با پراكسيد هيدروژن رنگبري شدند. نتايج نشان دادند كه كاربرد اين سورفكتانت‌ها از يک سو منجر به افزايش بازده خميركاغذ و افزايش مصرف مايع رنگبري پراكسيد هيدروژن و روشني كاغذها و از سوي ديگر كاهش وازده الک، ماتي و زردي كاغذهاي حاصله مي‌شود. بيشترين بهبود در خواص خميركاغذ، ناشي از سورفكتانت PEG-1000 در سطح كاربرد ۴ درصد بود كه منجر به افزايش ١/٢ درصد در بازده خميرسازي، كاهش ١ درصد در وازده الک و افزايش ٢ واحد روشني شد. KELA-2 در سطح كاربرد ٢ درصد منجر به افزايش ٠/٦٨ درصد در بازده خميرسازي و ١/٩ واحد در روشني شد. KECA-20 در سطح كاربرد ١ درصد منجر به افزايش ١/١۴ درصد در بازده خميرسازي، كاهش ٠/٨٧ درصد در وازده الک و افزايش ٠/٥ واحد در روشني شد. همچنين كاغذهاي حاصل از افزودن اين سورفكتانت‌ها نسبت به نمونه شاهد از خواص فيزيكي و مقاومتي بالاتري برخوردار بودند.

واژه‌هاي كليدي: سورفكتانت، خميركاغذسازي CMP، صنوبر، بازده الک، خواص نوري

* نويسنده مسئول: تلفن: ٠٢٦١-٢٢٤٩٣١١ فاكس: ٠٢٦١-٢٢٤٩٣١١ E-mail: hamzeh@ut.ac.ir

مقدمه

نياز صنايع خميركاغذ به گونه‌هاي چوبي و محدوديت و يكسان نبودن توزيع منابع چوبي موجب شده است كه استفاده از منابع اوليه جايگزين مورد توجه بيشتري قرار گيرد. در اين بين گونه صنوبر به دليل رشد سريع و كوتاه بودن زمان رسيدن به سن بهره‌برداري و همچنين از دارا بودن ويژگي‌هاي مناسب مورفولوژيكي الياف و دانسيته در قياس با ساير پهن‌برگان قابليت توليد خميركاغذ با كيفيت مطلوب را دارا بوده و بدين جهت از جايگاه خاص و منحصر به فردي در فرايندهاي شيميايي-مكانيكي تهيه خميركاغذ برخوردار است (Dickmann, 2006). از سوي ديگر حساسيت شديد نسبت به مسايل زيست محيطي و بالا رفتن انتظارات مصرف‌كنندگان و رقابت بين توليدكنندگان موجب شده است كه بهبود فرايندهاي شيميايي-مكانيكي توليد خميركاغذ و افزايش كارايي اين فرايندها جهت بالا بردن كيفيت محصولات توليدي مورد بررسي قرار گيرد (Dyer and Ragauskas, 2002). به‌طور كلي در فرايندهاي تهيه خميركاغذ شيميايي-مكانيكي كه از تيمار شيميايي ملايم‌تري در مقايسه با فرايندهاي شيميايي بهره مي‌برند، نفوذ مايع پخت به داخل خرده-چوب‌ها از اهميت بسيار زيادي برخوردار است. خميركاغذهاي CMP معمولا با تيمار شيميايي نسبتا شديد و در ادامه پالايش خرده چوب‌هاي تيمار شده در فشار معمولي توليد مي‌شوند و آغشته‌سازي و نفوذ مناسب مواد شيميايي لازمه موفقيت در اين فرايند است. عدم تحقق اين شرايط منجر به پخت ناقص، كاهش بازده، افزايش وازده و افت كيفيت خميركاغذ و درنتيجه كاغذهاي توليدي مي‌شود (Sixta, 2006). از روش‌هاي متداول براي انجام آغشته‌سازي و نفوذ مايع پخت به درون خرده‌چوب‌ها، پيش بخاردهي خرده‌چوب‌ها در فشار معمولي است كه منجر به خروج حباب‌هاي هوا از ساختار چوب و نفوذ بيشتر مواد شيميايي مي‌شود. روش ديگر، استفاده از تغذيه كننده‌هاي حلزوني است كه در آن خرده‌چوب‌ها ابتدا فشرده شده و سپس در مايع پخت منبسط شده و خيس مي‌خورند كه منجر به آغشتگي يكنواخت آنها مي‌شود (Sixta, 2006). يكي ديگر از روش‌هاي ممكن، بهبود خميرسازي با استفاده از مواد افزودني است كه ضمن افزايش تاثير مواد شيميايي بر چوب موجب بهبود خواص خميركاغذ توليدي نيز مي‌شوند. كاربرد سورفكتانت‌ها[1] مي‌تواند از طريق افزايش قابليت ترشوندگي و انحلال مواد استخراجي و پراكنده نمودن آنها سبب نفوذ بيشتر و بهتر مايع پخت به درون خرده چوب‌ها گردد (Malkov et al., 2003; Petrova et al., 1979). اين امر از يک سو موجب پخت يكنواخت‌تر و در نتيجه افزايش بازده، كاهش وازده، كيفيت بالاتر خميركاغذ از نظر خواص فيزيكي و مكانيكي (Chen, 1994: Hamzeh et al., 2009) و از سوي ديگر به‌واسطة خروج مؤثرتر مواد استخراجي سبب روشني بيشتر خميركاغذ مي‌شود (Silva et al., 2004). لذا با توجه به موارد ذكر شده، در اين تحقيق تاثير برخي سورفكتانت‌هاي غيريوني بر خميرسازي شيميايي-مكانيكي از نظر بازده و وازده خميركاغذ، مواد استخراجي خميركاغذ، رنگبري پراكسيد هيدروژن و خواص كاغذهاي دست‌ساز حاصل مورد بررسي قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد

گونة چوبي مورد استفاده در اين تحقيق صنوبر تبريزي (*P. Nigra*) شش الي هفت ساله بود كه از مركز تحقيقات البرز وابسته به مؤسسه تحقيقات جنگل‌ها و مراتع كشور تهيه شد. چوب تهيه شده پس از پوست‌كني دستي، توسط خردكن آزمايشگاهي به خرده چوب تبديل و پس از عبور از الک، خرده چوب‌هاي با ابعاد مناسب جدا شدند. جهت زدودن هرگونه آلودگي احتمالي، خرده چوب‌ها به‌وسيله آب سرد شستشو داده شده و سپس

[1] Surfactants

جهت رسيدن به تعادل با رطوبت محيط به مدت دو هفته در دماي محيط خشک شدند. جهت جلوگيري از تبادل رطوبتي، نمونه‌ها در داخل کيسه‌هاي پلي اتيلني قرار داده شده و سپس طبق استاندارد T258 om-06 آيين نامه TAPPI درصد رطوبت آنها تعيين و ثبت شد. در اين تحقيق از سه نوع سورفکتانت غيريوني با درصد خلوص بيش از ۹۹/۵ درصد با نام‌هاي تجاري PEG-1000، KELA-2، KECA-20 استفاده شد که از شرکت توليد کنندة مواد شيميايي کيمياگران امروز تهيه شدند. مشخصات فني هر يک از اين سورفکتانت‌ها به شرح جدول ۱ مي‌باشد.

جدول ۱- مشخصات سورفکتانت‌هاي مورد استفاده

نام تجاري	**PEG-1000**	**KELA-2**	**KECA-20**
نام شيميايي	پلي اتيلن گليکول	الکل چرب اتوکسيلات	آمين چرب اتوکسيلات
ترکيب شيميايي	پلي اتيلن گليکول - ۲۲ مول اکسيد اتيلن	لوريل الکل اتوکسيلات – ۲ مول اکسيد اتيلن	آمين چرب اتوکسيلات – ۲۰ مول اکسيد اتيلن
فرمول شيميايي	$(OCH2CH)_{22}.H2O$	C_{12-14}-$(OCH2CH2)_2$ – OH	R - $(OCH2CH2)_{20}$ - NH
ويسکوزيته	۲۴-۲۹ mPa.s	۲۰cP	---
متوسط وزن مولکولي (g/mol)	۹۵۰-۱۰۵۰	۲۷۴-۲۹۰	---
نقطة ابري شدن[1] (درجة سانتي‌گراد)	---	۵۱ (۱۰% در BDG ۲۵%)	>۱۰۰ (۱% در آب)

[1] Cloud Point

روش‌ها

براي انجام پخت از ديگ‌هاي پخت يک ليتري با حرارت‌دهي الكتريكي استفاده شد. حركت دوراني ديگ‌ها امكان غوطه‌وري مناسب و يكنواخت خرده چوب‌ها را با مايع پخت فراهم مي‌كرد. پس از انجام پخت‌هاي مقدماتي، شرايط بهينة تهيه خميركاغذ CMP صنوبر به اين ترتيب تعيين گرديد: ۳۰ دقيقه آغشته‌سازي در دماي محيط، زمان پخت ٦۰ دقيقه، دماي پخت ۱۵۰ درجة سانتي‌گراد، مايع پخت شامل ۱۰ درصد سولفيت سديم و ۵ درصد هيدروكسيد سديم بر مبناي وزن خشک خرده چوب‌ها و نسبت مايع پخت به خرده چوب برابر ۵ به ۱. به منظور بررسي اثر سورفكتانت‌ها بر پخت CMP خرده چوب‌هاي صنوبر، سورفكتانت‌هاي مورد نظر در چهار سطح يک، دو، سه و چهار درصد به‌طور جداگانه به مايع پخت افزوده شدند. مدت زمان پخت از زمان رسيدن دماي ديگ به دماي ماكزيمم مورد نظر لحاظ شد. پس از سپري شدن زمان پخت، خرده‌چوب‌ها به روي الک با مش ۲۰۰ منتقل شده و به منظور حذف كامل مواد شيميايي پخت با آب مقطر شسته شدند. پس از شستشو، الياف خرده‌چوب‌هاي پخته شده با استفاده از دفيبراتور آزمايشگاهي از نوع تک صفحه چرخشي (SD)، جدا شدند. براي جلوگيري از بروز خطا تمامي خرده چوب‌ها در شرايط يكسان و با تعداد دفعات برابر (چهار مرحله) دفيبره شدند.

پس از دفيبره كردن، خميركاغذ حاصل با استفاده از الک‌هاي با مش ۱۸ و ۲۰۰ غربال شده و الياف باقيمانده بر روي الک ۲۰۰ به‌عنوان خميركاغذ قابل قبول و الياف باقيمانده برروي الک ۱۸ به‌عنوان وازده در نظر گرفته شدند. پس از هوا خشک كردن خميركاغذهاي قابل قبول، رطوبت آنها طبق استاندارد T412 om-06 آيين‌نامة TAPPI تعيين شد و بازده و وازده الک هر يک با وزن‌سنجي محاسبه شد. قبل از رنگبري خميركاغذها، به‌منظور خنثي نمودن اثر يون‌هاي فلزي و عدم تخريب پراكسيد هيدروژن، خميركاغذها با درصد خشكي ٤% و با افزودن ۰/۵% EDTA به مدت ۳۰ دقيقه در دماي ٦۰ درجه سانتي‌گراد تيمار شدند و سپس رنگبري خميركاغذها با استفاده از پراكسيد هيدروژن در دو مرحله با شرايط يكسان انجام شد. رنگبري خميركاغذها در درصد خشكي ۲۰ درصد، زمان ۹۰ دقيقه، دماي ۷۰ درجة سانتي‌گراد، مقدار پراكسيد هيدروژن ٤ درصد، سود ۲/۸ درصد و سيليكات سديم ۳ درصد انجام شد. در پايان هر مرحله رنگبري، نمونه‌اي از مايع رنگبري مصرفي خميركاغذها براي اندازه‌گيري مقدار پراكسيد و سود باقيمانده خارج شد. سنجش مقدار پراكسيد هيدروژن و سود باقيمانده به ترتيب با استفاده از روش تيتراسيون يدومتري با تيوسولفات سديم و تيتراسيون اسيد و باز با اسيد كلريدريک ۰/۱ نرمال طبق استاندارد CPPA (J.16P) انجام شد. اندازه‌گيري مقدار مواد استخراجي محلول در استن و آب داغ خميركاغذهاي رنگبري شده و رنگبري نشده مطابق استاندارد T280-pm-99 و T207-cm-08 آيين‌نامة TAPPI انجام گرفت.

با توجه به درجه رواني اوليه خميركاغذهاي رنگبري شده و براي رسيدن به درجه رواني (CSF) ml ۲۵±۳۰۰ جهت تهيه كاغذ دست‌ساز، خميركاغذها توسط كوبندهٔ آزمايشگاهي PFI و طبق استاندارد T248 sp-08 آيين‌نامه TAPPI پالايش شدند. درجه رواني خميركاغذهاي رنگبري شده قبل و بعد از پالايش طبق استاندارد SCAN C19:65 اندازه‌گيري شد. براي حذف اثر پيچيدگي و تاب الياف[1] و افزايش دقت اندازه‌گيري درجه رواني پس از پالايش، نمونه‌هاي خميركاغذ مورد نظر به مدت ۳۰ دقيقه داخل حمام آب گرم با دماي ۷۰ درجه سانتي‌گراد قرار گرفتند.

براي اندازه‌گيري خواص مقاومتي و نوري خميركاغذهاي رنگبري شده، كاغذهاي دست‌ساز بر اساس استاندارد SCAN C26:79 تهيه شدند. سپس كاغذها توسط خشک‌كن سيلندري در دماي ۲±٦۰ درجه سانتي‌گراد و به مدت ۳ ساعت خشک شدند. پس از اتمام اين مرحله، كاغذها تفكيک شده و جهت اندازه‌گيري خواص مقاومتي

[1] Latency removing

طبق استاندارد T402 sp-08 آيين نامه TAPPI به مدت ٢٤ ساعت در شرايط استاندارد با دماي ٢٣ درجه سانتي‌گراد و رطوبت نسبي ٥٠% مشروط‌سازي شدند. در نگهداري كاغذها براي اندازه‌گيري خواص نوري نيز بر اساس استاندارد T1219 sp-07 آيين‌نامه TAPPI عمل شد. مقاومت‌هاي كششي، تركيدن، پاره شدن و ضخامت كاغذهاي تهيه شده به ترتيب طبق استانداردهاي T494 om-06، T403 om-02، T414 om-04 و T411 om-05 و روشني و ماتي كاغذها نيز طبق استانداردهاي T452 om-08، T425 om-06 آيين‌نامه TAPPI اندازه‌گيري شدند. آزمون‌هاي خميرسازي و رنگبري در ٢ تكرار و آزمون‌هاي مربوط به خواص مكانيكي و نوري كاغذهاي دست‌ساز نيز در ٥ تكرار انجام شدند و ميانگين آنها گزارش شده است.

نتايج و بحث

نتايج خميركاغذسازي

نتايج حاصل از تهيه خميركاغذ CMP با افزودن غلظت‌هاي مختلف سورفكتانت‌ها به مايع پخت صنوبر در جدول ٢ آمده اند. نتايج نشان دادند كه افزودن سورفكتانت‌ها در اكثر غلظت‌ها باعث افزايش بازده خميركاغذ و كاهش وازده الک شده است. به‌طوري كه بيشترين افزايش بازده بعد از الک سورفكتانت PEG-1000 در غلظت ٤% و به ميزان ١/٢%، KELA-2 در غلظت ٢% و به ميزان ٠/٦٨% و KECA-20 در غلظت ١% و به ميزان ١/١٤% مي‌باشد، كه تمامي سورفكتانت‌ها در غلظت‌هاي اشاره شده داراي كمترين ميزان وازده نيز هستند. همان‌طور كه اشاره شد، سورفكتانت‌ها با كاهش كشش سطحي بين مايع پخت و خرده‌چوب‌ها و معلق كردن مواد استخراجي منجر به تسهيل و افزايش نفوذ مايع پخت به درون چوب و يكنواختي پخت مي‌شوند (Malkov et al., 2003; Petrova et al., 1979). لذا به نظر مي‌رسد با افزايش ميزان سورفكتانت و نفوذ بيشتر مواد شيميايي، اثرات تيمار شيميايي از قبيل هيدروليز همي‌سلولزها و ليگنين‌زدايي تشديد شده و منجر به كاهش بازده بعد از الک در مقايسه با غلظت‌هاي كمتر سورفكتانت مي‌گردد. همچنين استنباط مي‌شود كه يكنواختي پخت علت اصلي كاهش ميزان وازده و افزايش بازده در مقايسه با تيمار شاهد (بدون سورفكتانت) است. با توجه به نتايج مندرج در جدول ٢، خميركاغذهاي تهيه شده در پخت‌هاي شماره ١، ٥، ٧ و ١٠ براي رنگبري و ساير بررسي‌ها انتخاب شدند.

نتايج رنگبري

نتايج حاصل از رنگبري خميركاغذهاي منتخب در جدول ٣ ارائه شده اند. نتايج رنگبري خميركاغذها نشان مي‌دهند كه به‌طور كلي كاربرد سورفكتانت‌ها در تهيه خميركاغذ، ضمن افزايش مصرف مواد شيميايي رنگبري موجب افزايش روشني و كاهش ماتي و زردي خميركاغذهاي رنگبري شده در مقايسه با خميركاغذ رنگبري شدة شاهد مي‌شود. در بين سورفكتانت‌ها، PEG-1000 ضمن مصرف بيشتر پراكسيد هيدروژن، بالاترين درجه روشني را داراست. از سوي ديگر، كمترين ميزان مصرف پراكسيد هيدروژن مربوط به سورفكتانت KECA-20 است، درحالي‌كه اين سورفكتانت افزايش قابل ملاحظه‌اي را در افزايش روشني نشان نمي‌دهد. اين امر نشان‌دهندة افزايش قابليت رنگبري خميركاغذهاي صنوبر در اثر افزودن سورفكتانت است. علاوه بر افزايش قابليت رنگبري خميركاغذها، مي‌توان علت افزايش روشني و كاهش زردي كاغذها را در نتيجه تاثير بهتر مواد شيميايي طي مرحله تهيه خميركاغذ دانست. اين احتمال وجود دارد كه خميركاغذهاي رنگبري نشده حاصل از افزودن سورفكتانت‌ها در مقايسه با خميركاغذ شاهد، داراي درجه روشني اوليه بالاتر و زردي كمتر بوده باشند كه در برخي از مطالعات گذشته اين مساله مورد بررسي قرار گرفته است (Baptista et al., 2004; Hamzeh et al., 2009).

جدول ۲- نتايج تهيه خميركاغذ با افزودن سورفكتانت به مايع پخت

كد پخت	سورفكتانت		بازده بعد از الک (%)	وازده (%)
	نوع	مقدار (٪)		
۱	شاهد (بدون افزودني)	۰	۸۵/۱۷	۱/۲
۲	PEG-1000	۱	۸۵/۳٦	۰/٤٤
۳		۲	۸۵/۷	۰/۸
۴		۳	۸٦/۰٤	۰/۵٤
۵		٤	۸٦/۳۷	۰/۲
۶	KELA-2	۱	۸۵/۷۱	۰/۹
۷		۲	۸۵/۸۵	۰/۱۳
۸		۳	۸۵/۸٤	۰/۲
۹		٤	۸۵/۰۲	۰/۳۸
۱۰	KECA-20	۱	۸٦/۳۱	۰/۳۳
۱۱		۲	۸۵/۵۹	۰/۳٤
۱۲		۳	۸٤/۷۷	۰/۳
۱۳		۴	۸۵/۰٦	۰/۵۳

كاهش ماتي كاغذها در مقايسه با نمونه شاهد كاملا مشخص است. سورفكتانت‌ها با حذف مواد استخراجي از سطح الياف منجر به افزايش پيوندهاي بين ليفي خميركاغذ مي‌گردند (Hubbe, 2007). لذا با افزايش سطح پيوند بين ليفي و در نتيجه افزايش سطح تماس نوري، ماتي كاهش مي‌يابد. همچنين مي‌توان علت كاهش ماتي را به كاهش احتمالي ميزان نرمه‌هاي موجود در خميركاغذ در نتيجه كاهش خردشدن الياف در اثر پالايش نسبت داد. از سوي ديگر انتظار مي‌رود كه با توجه به بالاتر بودن ضخامت كاغذهاي حاصل از افزودن سورفكتانت، ماتي افزايش يابد. با اين‌حال به نظر مي‌رسد كه اثر دو عامل قبلي در كاهش ماتي، غالب بوده است. يكي از دلايل بهبود روشني و كاهش زردي خميركاغذها مي‌تواند حذف بيشتر مواد استخراجي موجود در خميركاغذها باشد. براي تاييد اين موضوع، مواد استخراجي موجود در خميركاغذها اندازه‌گيري شدند (جدول ۴).

جدول ٣- آناليز مايع رنگبري و خواص نوري خميرکاغذهاي منتخب

نمونه خمير	رنگبري مرحلة اول		رنگبري مرحلة دوم		خواص نوري کاغذ (٪)		
	پراکسيد باقيمانده (%)	سود باقيمانده (%)	پراکسيد باقيمانده (%)	سود باقيمانده (%)	روشني	ماتي	زردي
شاهد	٣٠/٥٤	٤٠/٨٥	١٧/٢١	٤٤/٤٩	٦٠/٨	٨٣/٣	١٧/٨
KECA-20 %١	٣٠/٤٩	٤٣/٧٦	١٩/٣٦	٤٧/٧٦	٦١/٣	٨١/٢	١٦/٥
KELA-2 %٢	٢٨/٧	٤٠/٩٧	١٣/١٦	٣٩/٠٣	٦٢/٧	٨٠/٥	١٦/٦
PEG-1000 %٤	٢٩/٣٥	٣٥/٢٧	١٣/٣٢	٣٨/١٩	٦٢/٨	٨١/٨	١٦/١

جدول ٤- مقدار مواد استخراجي موجود در خميرکاغذهاي منتخب قبل و بعد از رنگبري

وضعيت رنگبري	نمونة خميرکاغذ	نوع مواد استخراجي (٪)		
		محلول در استن	محلول در آب داغ	مواد استخراجي کل
رنگبري نشده	شاهد	٠/٥	٠/١	٠/٦
	KECA-20 %١	٠/١٥	٠	٠/١٥
	KELA-2 %٢	٠/١٥	٠/٠٥	٠/٢
	PEG-1000 %٤	٠/٢	٠/٠٥	٠/٢٥
رنگبري شده	شاهد	٠/٢٥	٠	٠/٢٥
	KECA-20 %١	٠	٠	٠
	KELA-2 %٢	٠/١	٠	٠/١
	PEG-1000 %٤	٠/١	٠	٠/١

همان‌طور که ملاحظه مي‌شود، همه سورفکتانت‌ها اثر قابل ملاحظه‌اي در کاهش مواد استخراجي خميرکاغذهاي رنگبري شده و رنگبري نشده داشتند. سورفکتانت‌ها موجب کاهش صد در صدي مواد استخراجي محلول در آب داغ در خميرکاغذهاي رنگبري شده و بخش عمده مواد استخراجي محلول در استن خميرکاغذهاي رنگبري شده در مقايسه با خميرکاغذ رنگبري شدة شاهد شده‌اند. به‌طوري که خميرکاغذ حاصل از افزودن ١٪ سورفکتانت KECA-20 کاملا عاري از مواد استخراجي بود. اين امر نشان‌دهندة انحلال و پراکنده شدن بخش اعظم مواد استخراجي چوب به‌وسيله سورفکتانت‌ها و جلوگيري از نشست مجدد آنها بر روي الياف، طي فرايندهاي خميرسازي و رنگبري مي‌باشد.

علاوه بر بهبود خواص نوري کاغذ، کاهش مقدار مواد استخراجي موجود در خميرکاغذ مي‌تواند سبب مزاياي ديگري از قبيل کاهش بخشي از مواد چسبناک گردد که طي فرايند بازيافت کاغذ (خصوصا خميرکاغذهاي بکر) از اين مواد استخراجي ناشي مي‌شوند (Sarja 2007).

خواص کاغذهاي دست‌ساز

خواص فيزيکي و شاخص‌هاي مقاومتي کاغذهاي دست‌ساز تهيه شده از خميرکاغذهاي رنگبري شده در جدول ٥ ارائه شده اند.

جدول ۵ - خواص فيزيكي و شاخص‌هاي مقاومتي كاغذهاي دست‌ساز تهيه شده از خميركاغذ **CMP** رنگبري شده صنوبر

نوع خميركاغذ	ضخامت (mm)	شاخص پارگي ($mN.m^2/g$)	شاخص تركيدن ($kPa.m^2/g$)	شاخص كششي (Nm/g)
شاهد	۰/۰۸۲	۵/۱	٤/۱۳	۸۵/٦۸
KECA-20 %۱	۰/۰۸۸	۵/٦۱	۵/۱۷	۷۱/٦
KELA-2 %۲	۰/۰۹۷	۵/۷۷	۵/۷۵	۱۰٤/۳۳
PEG-1000 %٤	۰/۰۸٦	٦/۱۱	۵/۳	۹۸/۰۳

همان‌طور كه مشاهده مي‌شود، افزودن سورفكتانت‌ها منجر به افزايش مقاومت به پارگي كاغذها در مقايسه با نمونه شاهد شده است. به‌طوري‌كه سورفكتانت PEG-1000 ضمن داشتن بيشترين بازده، داراي بالاترين شاخص پارگي نيز مي‌باشد. افزايش شاخص پارگي را مي‌توان از دو جهت بررسي نمود. از يک سو همان‌طور كه در مطالعات قبلي عنوان شده است، افزودن سورفكتانت‌ها در پخت خميركاغذ سبب كاهش تخريب سلولز (Baptista et al., 2004) و افزايش گرانروي خميركاغذهاي حاصل مي‌شود (Mishra et al., 2007; Mocelin, 2005; Santiago and Pascoal Neto, 2007). لذا انتظار مي‌رود بالاتر بودن مقاومت به پارگي ناشي از بالاتر بودن مقاومت ذاتي الياف خميركاغذهاي حاصل باشد. از سوي ديگر مي‌توان اين امر را به بهبود تيمار شيميايي و در نتيجه جدا شدن سالم‌تر الياف، افزايش گروه‌هاي آبدوست الياف و افزايش انعطاف‌پذيري آنها (Hamzeh et al., 2009) و در نتيجه كاهش شكستگي و خرد شدن آنها حين عمل پالايش كه منجر به بيشتر شدن درصد الياف بلند در خميركاغذ مي‌شود، نسبت داد. در هرحال به نظر مي‌رسد تلفيقي از اين دو عامل سبب افزايش مقاومت به پارگي كاغذهاي حاصل از افزودن سورفكتانت‌ها شده است.

شاخص تركيدن و شاخص كششي نيز در نمونه‌هاي حاصل از افزودن سورفكتانت بيشتر از نمونه شاهد به‌دست آمده‌اند و بيشترين مقاومت به تركيدن و كشش مربوط به سورفكتانت KELA-2 مي‌باشد كه به ترتيب ۱/۶۲ واحد و ۱۸/۶۵ واحد افزايش نشان مي‌دهند. علت افزايش اين مقاومت‌ها را مي‌توان از يک سو به افزايش جذب آب و انعطاف‌پذيري الياف و درنتيجه پالايش پذيري بهتر و افزايش سطوح الياف و از سوي ديگر به افزايش تعداد پيوندهاي هيدروژني و قدرت اتصال بين الياف در اثر حذف موثرتر مواد استخراجي از سطح الياف (Hubbe, 2007) نسبت داد.

نتيجه‌گيري

نتايج به خوبي نشان مي‌دهند كه افزودن سورفكتانت‌هاي غيريوني در غلظت‌هاي مشخص كاربرد منجر به افزايش بازده بعد از الک و كاهش وازده خميركاغذهاي CMP گونه صنوبر مي‌شود. در اين راستا، با افزودن سورفكتانت PEG-1000 با غلظت ۴% بيشترين بازده بعد از الک و كمترين وازده الک خميركاغذ حاصل شده است. نتايج رنگبري و آناليز مايع رنگبري مصرف شده نشان مي‌دهند كه سورفكتانت PEG-1000 در غلظت ۴% ضمن افزايش مصرف مايع رنگبري (پراكسيد و قليا) در هر دو مرحله، منجر به بيشترين افزايش درجه روشني و كمترين ميزان زردي كاغذها شده است. از سوي ديگر، اين سورفكتانت در مقايسه با ساير سورفكتانت‌ها افت كمتري را در ماتي كاغذها سبب شده است. به‌طوركلي افزودن سورفكتانت‌ها سبب كاهش ماتي كاغذها در مقايسه با نمونه شاهد شده است. نتايج بررسي ميزان مواد استخراجي (محلول در آب داغ و محلول در استن) نشان داد كه كاربرد سورفكتانت‌ها به‌همراه مايع پخت CMP منجر به كاهش ميزان مواد استخراجي خميركاغذها (قبل و بعد از رنگبري) شده است، كه ميزان

كل مواد استخراجي در خميركاغذ رنگبري شده حاصل از افزودن سورفكتانت KECA-20 در سطح ١% ، به صفر رسيده است. ارزيابي خواص فيزيكي و مكانيكي خميركاغذها نشان مي‌دهد كه افزودن سورفكتانت‌ها منجر به افزايش شاخص‌هاي پارگي، كششي و تركيدگي شده است. خميركاغذ ساخته شده با سورفكتانت PEG-1000 در غلظت ٤% داراي بيشترين مقاومت به پاره شدن و از آن سورفكتانت KELA-2 داراي بيشترين مقاومت به تركيدن و كشش مي‌باشد.

با توجه به نتايج حاصل و با درنظر گرفتن اولويت‌هاي مشخص در تهيه و توليد كاغذ چاپ و تحرير و كاغذ روزنامه CMP كه شامل ميزان بازده و وازده خميركاغذ، خواص نوري و خواص فيزيكي و مقاومتي است، مي‌توان نتيجه گرفت افزودن سورفكتانت PEG-1000 به ميزان ٤% (بر مبناي وزن خشک چوب) در پخت CMP گونه صنوبر علاوه بر افزايش كاملا مشخص خواص نوري و مقاومتي كاغذها، منجر به اندكي افزايش در بازده خميركاغذ توليدي مي‌شود.

سپاسگزاري

در اينجا از مشاركت و حمايت قطب علمي مديريت كاربردي گونه‌هاي چوبي تندرشد دانشگاه تهران كه پشتيباني مالي اين تحقيق را برعهده داشتند، تقدير و تشكر مي‌شود. به‌علاوه، از شركت كيمياگران امروز به دليل فراهم آوردن سورفكتانت‌هاي مورد نياز قدرداني مي‌شود.

References

- Baptista, C., Belgacem, N. and Duarte, A.P. 2004. The effect of surfactants on kraft pulping of *Pinus pinaster*. *Appita J.* 57(1): 35-39.
- Chen, G. C. 1994. Application of a surfactant as a kraft pulping additives. *TAPPI J.* 77(2):125-128.
- Dickmann, D. 2006. Silviculture and biology of short rotation woody crops in temperate regions: then and now. *Biomass & Bioenergy J.* 30(8-9): 696-705.
- Dyer, T.and Ragauskas, A. J. 2002. Developments in bleaching technology focus on reduction capital, operating costs. *Pulp Pap.* 76(3): 49-53.
- Hamzeh, Y., Abyaz, A., Mirfatahi Niaraki, M. S. and Abdulkhani, A. 2009. Application of surfactants as pulping additives in soda pulping of bagasse. *BioRes.* 4(4): 1267-1275.
- Hubbe, M. A. 2007. Flocculation and redispersion of cellulosic fiber suspensions: A review of effects of hydrodynamic shear and polyelectrolytes. *BioRes.* 2(2): 296-331.
- Malkov, S., Tikka, P. and Gullichsen, J. 2003. Towards complete impregnation of wood chips with aqueous solutions, part 1: a retrospective and critical evaluation of the penetration process. *Paperi ja Puu J.* 85(8): 460-466.
- Mishra, R. P., Maheshwari, G. D., Bhargava, G. G., Dasgupta, T. K. and Thusu, N. K. 2007. Effect of surfactant application on pulping characteristics of mill chips and reduction in pollution load, *IPPTA J.* 19(1): 61-65.
- Mocelin, E. Z. 2005. Antraquinona e surfactante para otimização do processo kraft com *Pinus spp.*, dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em engenharia florestal do setor de ciências agrárias da universidade federal do paraná, como requisito parcial para obtenção do título de “mestre em ciências florestais. Federal University of Parana, 84 pp.
- Petrova, S. I., Senicheva, L. V., Maiorova, L. P. and Khrustaleva, L. G. 1979. Effect of surfactants on low-temperature impregnation of wood with alkaline solutions. *Bumazhnaia Promyshlennost.* (5): 20-21.
- Santiago, A. S. and Pascoal Neto, C. 2007. Assessment of potential approaches to improve eucalyptus globulus kraft pulping yield. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* (82): 424–430.
- Sarja, T., 2007. Measurement, nature and removal of stickies in deinked pulp, Faculty of Technology, University of Oulu, Finland, pp. 78.
- Silva, D. D. J., Gomide, J. L., Colodette, J. L. 2004. Surfactant utilization in kraft pulping of eucalyptus wood to improve lipophilic extractives removal. *R. Árvore, Viçosa-MG.* 28(6): 911-917.
- Sixta, H. 2006. *Handbook of Pulp.* WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. ISBN: 3-527-30999-3. 1369 pp.

The Effect of Surfactants on CMP Pulp of Poplar

M. Kamarei[1], Y. Hamzeh[*2], S. Mahdavi[3], M. Azadfallah[4], S. Hedjazi[4], S. M. Hashemi Najafi[1], A. Abdulkhani[4] and F. Ramezanian Sani[1]

[1] MSc. Candidate, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[2] Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran Iran
[3] Ph.D., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran
[4] Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
(Received: 01 May 2010, Accepted: 03 January 2011)

Abstract

In this study the effects of three non-ionic commercial surfactants namely PEG-1000, KELA-2 and KECA-20 as digester additives at four levels of 1, 2, 3 and 4% on the CMP pulping of poplar, oxidative bleaching of the resulted pulp and its hand-sheet paper properties were investigated. The resulted pulps from the application of each surfactant with the highest screen yields and lowest rejects as well as control CMP pulps (without surfactant) were selected and bleached in two stages with H_2O_2. The pulping and bleaching results showed that the application of all surfactants increased accepted yield, consumption of bleaching agents and brightness of pulp whereas they lowered the opacity and yellowness of pulps compared to the control pulp. The best result was obtained with PEG-1000 (4%) which increased accepted yield by 1.2%, brightness by 2% while decreased screen reject by 1%. KELA-2 (2%) increased accepted yield, and brightness by 0.68% and 1.9%, respectively. KECA-20 (1%) increased accepted yield and brightness by 1.14% and 0.5% respectively but decreased screen reject by 0.87%. In addition, the prepared hand-sheet papers had higher physical and mechanical properties compared with the control.

Key Words: Surfactants, CMP pulping, Poplar, Pulping Yield, Optical Properties

*Corresponding author: Tel: +98 261 2249313 Fax: +98 261 2249313 E-mail: hamzeh@ut.ac.ir