

بهبود ویژگی‌های چسب نشاسته مورد استفاده در صنایع کارتن‌سازی

نگین نیک‌بین^۱، سعید مهدوی^{۲*}، حسین کرمانیان^۳

امید رضائی^۳ و امیرمحسن ناظری^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فناوری تولید سلولز و کاغذ، دانشگاه شهید بهشتی، پردیس زیرآب

۲- نویسنده مسئول، استادیار، صنایع چوب و کاغذ، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران،

پست‌الکترونیک: smahdavi@rifr-ac.ir

۳- استادیار، گروه فناوری تولید سلولز و کاغذ، دانشگاه شهید بهشتی، پردیس زیرآب

۴- کارشناس ارشد، صنایع چوب و کاغذ، مدیر کنترل کیفیت، شرکت کارتن توحید، تهران

تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۱

چکیده

نشاسته خام با ویژگی‌های نسبتاً مناسب از جمله زیست‌تخریب‌پذیر بودن، کاربرد گسترده‌ای در صنایع کارتن‌سازی به‌عنوان چسب دارد. امروزه در این کارخانه‌ها عمدتاً از نشاسته ذرت برای تولید چسب استفاده می‌شود. در این تحقیق به‌منظور بهبود ویژگی‌های چسب نشاسته ذرت، از نرمه‌های خمیر کاغذ سولفیت نیمه‌شیمیایی خنثی (NSSC) به‌عنوان یک افزودنی طبیعی و از پرسولفات آمونیوم به‌عنوان یک افزودنی شیمیایی اکسیدکننده استفاده شد. نرمه‌ها در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد و پرسولفات آمونیوم در ۵ سطح ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ گرم بر مبنای وزن خشک نشاسته به چسب آماده افزوده شد. افزودن نرمه در ۳ سطح مذکور باعث افزایش مقاومت چسبندگی (PAT) ورق کارتن به‌ترتیب به میزان ۲۵٪، ۳۵٪ و ۴۳٪ گردید. این افزایش می‌تواند ناشی از افزایش تعداد و قدرت اتصال هیدروژنی بین لایه‌ها (کاغذ کنگره‌ای و لاینر) و افزایش مقدار مواد جامد چسب باشد. نتایج افزودن پرسولفات آمونیوم نشان داد که استفاده از این ماده با روش مشابه اختلاط نرمه‌ها با چسب نشاسته، نتایج مطلوبی دربر ندارد و از سایر روش‌ها باید استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: مقوای کنگره‌ای، چسب نشاسته، نرمه، پرسولفات آمونیوم، مقاومت چسبندگی.

مقدمه

نشاسته‌ها را می‌توان با انجام اصلاحاتی نسبت به آب مقاوم نمود. مقاومت بیشتر به آب می‌تواند با مخلوط پلی‌وینیل الکل یا پلی‌وینیل استات به‌دست آید. همچنین این چسب‌ها باید قابل حل در آب گرم باشند که در بعضی مصارف مورد استفاده قرار می‌گیرد (Rodger *et al.*, 1998).

نشاسته‌ها به صورت‌های اصلاح نشده و اصلاح شده در چسب مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه فرمولاسیون چسب نشاسته توسعه یافته و این پیشرفت‌های جدید در اصلاح ویژگی‌های چسب نشاسته باعث رونق بازار و به وجود آمدن فرصت‌ها و موقعیت‌های جدید شده است.

و پرسولفات آمونیوم می‌توان استفاده نمود (Savolainen, 1998).

عیب اصلی چسب‌های نشاسته قدیمی دمای بالای پیوندیابی آنهاست. این چسب‌ها مقدار مواد جامد کمی دارند و رطوبت نسبتاً کمی داشته و مقاوم به میکروب هستند. بیشتر تحقیقات در این زمینه به منظور کاستن این نقایص است (Mcperson *et al.*, 2000).

بوراکس، که به عنوان تنظیم‌کننده گرانیروی و نیز بهبود چسبندگی در چسب نشاسته به کار می‌رود ماده‌ای سمی است و کاهش مقدار آن در چسب می‌تواند از نظر اثرات زیان‌بار زیست‌محیطی حائز اهمیت باشد (Voigt & Bovier, 1974).

چسب نشاسته نقش بسزایی در تولیدات صنایع به خصوص صنایع بسته‌بندی ایفا می‌کند. فرمولاسیون این چسب از حالت سنتی تغییر کرده و به صورت چسب‌های جدید که مقاومت به آب متوسط و چسبندگی خوبی دارند، اصلاح شده است و امروزه به بیوپلیمرهای جدید که مزایای فناوری نانو و شیمی سبز را یکجا دارا هستند، تبدیل شده است (Mcperson *et al.*, 2000). اختلاط نشاسته ترموپلاستیک و نرمه‌های سلولزی را مورد بررسی قرار گرفت (Averous *et al.*, 2002). آنها به این نتیجه رسیدند که با افزودن پلیمرهای طبیعی، خواص زیست تخریب‌پذیری نشاسته افزایش می‌یابد. همچنین نرمه‌های سلولزی منجر به بهبود مقاومت کششی و کاهش جذب آب این کامپوزیت‌ها شدند (ناظری و همکاران، ۱۳۹۰).

Voigt & Bovier (۱۹۷۴) نشاسته مورد استفاده در صنایع کاغذسازی را با هیپوکلریت قلیایی اکسید کرده و به نشاسته اکسید شده‌ی حاصل پرسولفات آمونیوم اضافه نمودند. این عمل منجر به کاهش گرانیروی نشاسته تا حد

مقاومت رطوبتی بهینه با افزودن رزین‌های گرماسخت مثل اوره فرمالدهید به دست می‌آید. پُرکننده‌های معدنی مثل کائولن^۱، کربنات کلسیم، دی اکسید تیتانیوم^۲ و ... معمولاً در غلظت ۵ تا ۵۰ درصد در چسب نشاسته مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مواد برای کاهش قیمت و کنترل نفوذ به سوبستراهای متخلخل مورد استفاده قرار می‌گیرند (Petrie, 2010). مواد تیکسوتروپیک^۳ مثل بتونیت^۴ نیز اغلب در کنترل گرانیروی چسب استفاده می‌شود.

افزودنی‌های طبیعی و مصنوعی گوناگونی می‌توانند با چسب نشاسته مخلوط شده و یک چسب اصلاح شده با خواص ویژه را به وجود آورند (Voigt & Bovier, 1974). سایر مواد افزودنی که در چسب‌های نشاسته استفاده می‌شود شامل محافظت‌کننده‌ها از فساد، سفیدکننده‌ها و کف‌زداها می‌باشد. مواد محافظت‌کننده از فساد برای جلوگیری از فعالیت میکروبی استفاده می‌شوند و شامل فرمالدهید با ۳۵٪ مواد جامد به مقدار ۰/۲ تا ۱ درصد، سولفات مس به مقدار ۰/۲ درصد، سولفات روی، نمک اسید بنزوئیک، فلوراید‌ها و فنل‌ها می‌باشد. عوامل سفیدکننده‌ی متداول شامل بی‌سولفیت سدیم، پراکسید هیدروژن و سدیم و سدیم پربورات می‌باشند (Mcperson *et al.*, 2000).

به منظور بهبود و اصلاح ویژگی‌های چسب نشاسته مثل کاهش ترک خوردگی کنگره‌ها، کاهش سایش و افزایش توانایی جدا شدن از غلتک‌های کنگره‌کننده، از برخی عوامل شیمیایی اکسیدکننده نظیر پرمنگنات پتاسیم

1- Kaolin (H4Al2Si2O9)

2- TiO2

3- Thyrotrophic Substances

4- Bentonite

مواد و روشها

مواد

نشاسته

در این تحقیق از نشاسته ذرت تولید شده در شرکت گلوکوزان ایران استفاده شد که مشخصات آن طبق جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱- خصوصیات نشاسته ذرت

مقدار استاندارد	عامل
حداکثر ۱۴	رطوبت (درصد وزنی)
حداکثر ۰/۳	خاکستر (درصد وزنی)
۴/۵-۷	pH
حداکثر ۲	اسیدیته (میلی لیتر سود ۰/۱ نرمال برای ۱۰ گرم نشاسته)
حداکثر ۰/۷	پروتئین (درصد وزنی)
جزئی	چربی (درصد وزنی)
حداکثر ۸۰	انیدرید سولفورو (p.p.m)

سود

سود مورد استفاده در این تحقیق دارای مشخصات زیر می‌باشد:

مقدار هیدروکسید سدیم ۹۸/۵ درصد، مقدار کربنات سدیم ۰/۸ درصد، مقدار کلرید سدیم ۰/۰۰۴ درصد، مقدار سولفات سدیم ۰/۰۲ درصد، مقدار NaClO_3 ۰/۰۱ درصد و مقدار جیوه ۰/۰۰۰۵ درصد.

بوراکس

بوراکس به دو صورت دکا هیدرات و پنتا هیدرات موجود می‌باشد. بوراکس مورد استفاده در این تحقیق بوراکس دکا هیدرات با فرمول $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ می‌باشد.

مطلوب برای استفاده در اندود^۱ کاغذ شده و چسبندگی را بهبود می‌بخشد (Savolainen, 1998).

Barla (۲۰۰۲) چسب نشاسته را با فرایند کنگره‌ای سرد، توسط تیمار با پرسولفات آمونیوم تهیه نمود. در این چسب، فرایند چسبندگی توسط تأخیر^۲ به وجود آمده از سرمادهی، به جای تشکیل ژل با گرمادهی به دست می‌آید و همچنین این چسب بدون ترکیبات بور یا با مقادیر کم بور به دست می‌آید (Averous et al., 2002).

برای تهیه چسب نشاسته اصلاح شده با پرسولفات آمونیوم، نشاسته خام ابتدا با آب مخلوط شده و دوغاب تشکیل می‌شود. سپس پرسولفات آمونیوم و اسید بوریک اضافه می‌شود و پخت در یک دستگاه پخت سریع^۳ در دمای 140°C انجام می‌شود و در خاتمه، سود اضافه می‌شود. چسب به دست آمده غلظت زیادی دارد که در نتیجه با سرد شدن افزایش زیادی در گرانروی آن ایجاد می‌شود. وقتی چسب داغ در تماس با کاغذ سرد قرار می‌گیرد، آهسته به کاغذ نفوذ می‌کند، اما افزایش سریع در گرانروی آن باعث ثابت ماندن مقدار این نفوذ می‌شود و پیوندها شکل می‌شود (Voigt & Bovier, 1974).

این تحقیق، به منظور بهبود چسبندگی ورق کنگره‌ای و لاینر در کارتن‌سازی، کاهش مصرف نشاسته خام و نیز بوراکس، با افزودن نرمه و پرسولفات آمونیوم انجام شد. افزودن نرمه با هدف بهبود ویژگی‌های چسبندگی و صرفه‌جویی در مصرف نشاسته خام و افزودن پرسولفات آمونیوم با هدف کاهش سود و بوراکس بوده است.

1 - Coating
2 - Setback
3 - Jet cooker

آب

سختی آب به کار رفته در ساخت چسب ۱۷۰ mg/lit
کربنات کلسیم و pH آن در حدود ۶ اندازه گیری شد.

نرمه

نرمه‌ها از خمیر کاغذ سولفیت نیمه‌شیمیایی خنثی
شرکت چوب و کاغذ مازندران تهیه شد که اندازه ذرات
آن بیش از ۲۰۰ مش بود.

پرسولفات آمونیوم

افزودن پرسولفات آمونیوم^۱ در چهار سطح ۰/۱، ۰/۲،
۰/۳ و ۰/۴ گرم، با و بدون افزودن بوراکس مورد بررسی
قرار گرفت.

روشها

تهیه چسب نشاسته

ابتدا ۵۲ میلی‌لیتر آب تا دمای ۵۵ درجه سانتیگراد
در حمام آبی گرم شده و ۱۰ گرم نشاسته ذرت به این
آب اضافه شد. سپس مخلوط ۲۰ میلی‌لیتر آب و ۱ گرم
سود که قبلاً آماده شده بود، به مخلوط آب و نشاسته
ظرف اول اضافه شده و با هم مخلوط شدند. در ظرف
دوم (مخزن چسب)، ۳۰ گرم نشاسته در ۱۲۰ میلی‌لیتر
آب مخلوط شد. پس از آماده‌سازی ظرف اول،
محتویات آن بلافاصله به ظرف دوم اضافه شد. سپس
مقدار ۰/۵ گرم بوراکس به این سوسپانسیون اضافه شده
و هم‌زَن به طور مدام در مراحل ساخت چسب روشن
بود.

افزودن نرمه‌ها

ابتدا نشاسته و آب به نسبت ۱ به ۵ با هم مخلوط شده
و به نسبت ۰/۲۵ و ۰/۱۲۵ وزن خشک نشاسته سود و
وزن خشک نشاسته بوراکس اضافه شد. برای بهبود
ویژگی‌ها و مقاومت‌های چسب نشاسته، نرمه‌ها در سه
سطح ۰/۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ بر پایه‌ی وزن خشک نشاسته
افزوده شدند.

افزودن پرسولفات آمونیوم

افزودن پرسولفات آمونیوم در مرحله آخر ساخت
چسب و پس از تنظیم pH انجام شد. پس از اختلاط به
مدت ۶ دقیقه سایر ویژگی‌های آن از قبیل pH، دمای
چسب، گرانش، مواد جامد، دمای ژله‌ای شدن و
چسبندگی اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری دمای چسب

دمای چسب با دماسنج و بلافاصله پس از ساخت
فرمولاسیون هر چسب اندازه‌گیری شد.

روش اندازه‌گیری دمای ژله‌ای شدن چسب نشاسته

برای اندازه‌گیری دمای ژله‌ای شدن ابتدا در یک بشر
تا یک پنجم حجم آن چسب ریخته شد؛ سپس بشر را در
حمام آب گرم قرار داده و در هنگام هم‌زدن چسب، دمای
آن توسط دماسنج اندازه‌گیری شد. این عملیات تا زمانی
که چسب شروع به غلیظ شدن نماید، ادامه یافت. دما در
همین زمان از روی دماسنج اندازه‌گیری شد. این دما،
دمای ژله‌ای شدن است و واحد آن درجه سانتیگراد می-
باشد (Barla, 2002).

می‌شود و داخل محفظه‌ی ۱۰۰ میلی‌لیتری آن از چسب پر می‌شود. مدت زمان تخلیه‌ی کامل چسب به‌عنوان گرانیروی چسب در نظر گرفته می‌شود و بر حسب ثانیه گزارش می‌شود. گرانیروی مناسب برای چسب نشاسته ذرت بین ۳۰ تا ۴۰ ثانیه است.

اندازه‌گیری چسبندگی

چسبندگی با آزمون تعیین مقاومت چسبندگی^۲ و استفاده از دستگاه آزمون لهیدگی^۳ ساخت شرکت L&W انجام شد و داده‌ها براساس واحد نیوتن بر متر گزارش می‌شود. این آزمون طبق استاندارد تاپی شماره T821 om-06 انجام گردید. ابتدا ورق کارتن سه‌لا با ابعاد ۱۵×۵ سانتیمتر برش داده شد و بعد تعدادی میله (پین) در بین کنگره‌ها و در تماس با لایه‌ای که می‌خواهد جدا شود، قرار گرفت. سپس بر روی بالا و پایین میله‌ها صفحاتی درپوش مانند به‌طوری‌که لایه‌ی جداشونده در زیر قرار گیرد، گذاشته شد. مجموعه در داخل دستگاه اندازه‌گیری مقاومت چسبندگی قرار گرفت و آزمون انجام گردید.

روش اندازه‌گیری درصد ماده جامد

نحوه اندازه‌گیری مواد جامد بدین صورت است که ابتدا یک بشر را توزین نموده و مقدار ۲۰ گرم از چسب نشاسته در آن ریخته می‌شود؛ بعد بشر محتوی ۲۰ گرم چسب به مدت ۲ ساعت در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده می‌شود؛ سپس بشر از آون بیرون آورده شده و مجدداً توزین می‌شود و از فرمول زیر درصد وزنی ماده جامد محاسبه می‌شود:

$$100 \times \left[\frac{\text{وزن تر چسب}}{\text{وزن خشک چسب}} - \text{وزن تر چسب} \right] = \text{درصد ماده جامد}$$

روش اندازه‌گیری pH

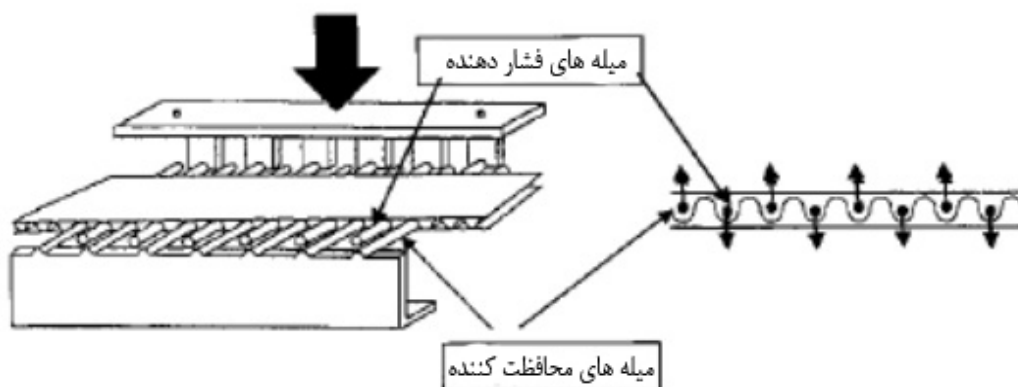
pH چسب با استفاده از کاغذ تورنسل اندازه‌گیری شد. با توجه به تغییر رنگ مربوطه در کاغذ، pH تعیین گردید.

اندازه‌گیری گرانیروی

یکی از مهمترین خواص فیزیکی چسب نشاسته گرانیروی آن می‌باشد. اندازه‌گیری گرانیروی به وسیله فورده کاپ^۱ انجام شد. این وسیله دارای محفظه‌ای است که دارای یک انتهای باز است و با توجه به شماره آن، اندازه روزنه‌اش متفاوت است. فورده‌کاپ مورد استفاده در این تحقیق فورده‌کاپ شماره ۴ بوده است. برای اندازه‌گیری گرانیروی، انتهای باز فورده‌کاپ با انگشت نگه داشته

2- Pin adhesion test
3- Crush Tester

1- Ford Cup



شکل ۱- روش آزمون تعیین مقاومت چسبندگی

آزمون‌های قبلی با مقادیر بهینه نشاسته، سود و بوراکس تهیه شده بود برای مقایسه با چسب‌های اصلاح شده با مواد افزودنی طبیعی و مصنوعی مورد بررسی قرار گرفت و در جدول ۲ آورده شده است.

به محض گسستن پیوند بین لایه کنگره‌ای و لاینر، اعمال فشار به صورت اتوماتیک متوقف شد و عدد مربوطه از روی دستگاه قرائت شد.

نتایج

چسب نشاسته اصلاح نشده

ویژگی‌های چسب نشاسته اصلاح نشده که براساس

جدول ۲- ویژگی‌های اندازه‌گیری شده برای چسب نشاسته ذرت اصلاح نشده*

نوع نشاسته	دمای چسب (°C)	چسبندگی (N/m)	ماده جامد (%)	دمای ژله‌ای شدن (°C)	گرانروی (ثانیه)	pH
ذرت	۳۸	۵۰۴/۳۳	۳۶	۶۲	۳۰	۱۲

* این چسب با استفاده از مقدار بهینه مواد شامل: ۴۰ گرم نشاسته، ۱ گرم سود و ۰/۵ گرم بوراکس تهیه شده است.

افزودن نرمه

نرمه‌ها در چسب وجود دارند تعداد الیاف در محل پیوند بیشتر شده و در نتیجه قدرت پیوند افزایش می‌یابد. در چسب‌های اصلاح نشده، دو پیوند کاغذ-کاغذ و چسب-کاغذ در محل پیوند ایجاد می‌شود. با افزودن نرمه‌ها پیوند نرمه-کاغذ نیز در محل پیوند تشکیل می‌شود که یک نوع

نرمه‌ها به‌عنوان ماده افزودنی طبیعی برای بهبود ویژگی‌های چسب نشاسته ذرت افزوده شدند. نرمه‌ها به دلیل بالا بردن سطح مواد جامد در افزایش چسبندگی نقش مهمی را ایفا می‌نمایند (Kohl, 2010). هنگامی که

Seth (۲۰۰۳) در مقاله‌ای تحت عنوان «اندازه‌گیری و اهمیت نرمه‌ها» به بررسی خواص و روش‌های اندازه‌گیری آنها پرداخته و چنین نتیجه گرفت که افزودن نرمه به خمیرهای شیمیایی به طور معنی‌داری استحکام ورق و بسیاری از خواص مقاومتی خشک ورق کاغذ را بهبود می‌بخشد. وی تشریح چگونگی ارتباط بین شکل، اندازه و ترکیبات شیمیایی نرمه‌ها و تعیین سهم هر یک را در خصوصیات ورقه کاغذ کار مشکلی می‌داند.

دیگر روش بهبود چسبندگی توسط نرمه‌ها این است که نقش پُرکننده را ایفا کرده و به صافی سطح چسب اعمال شده کمک می‌کنند. برای تشکیل پیوند هیدروژنی بین الیاف سطحی و نرمه‌ها، الیاف سطحی ورق باید خیس شوند. این خاصیت ترکنندگی^۳ را آب موجود در چسب نشاسته ایجاد می‌کند. یعنی وقتی چسب روی سطح سوپسترا اعمال می‌شود، سطح کاغذ و در نتیجه الیاف آن خیس شده و در نتیجه با افزایش تعداد پیوندهای بین لیفی در محل تماس، قدرت پیوند نیز افزایش می‌یابد.

جدول فوق نشان می‌دهد با افزایش درصد نرمه، گرانروی چسب افزایش قابل توجهی می‌یابد و این افزایش گرانروی، تأثیر منفی روی چسبندگی می‌گذارد. با افزودن ۵٪ نرمه گرانروی نسبتاً مناسب است ولی با افزایش درصد نرمه، گرانروی به حدی افزایش می‌یابد که هم‌زدن مخلوط و سیالیت چسب با مشکل روبرو شده و چسبندگی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. این افزایش گرانروی به دلیل افزایش بیش از حد مواد جامد چسب یعنی نرمه‌ها می‌باشد. استفاده از ۱۰٪ و ۱۵٪ نرمه به دلیل افزایش بیش از حد میزان مواد جامد، پیوندهای شکننده‌تر را موجب شده و کاهش چسبندگی را در پی دارد (Rodger et al., 1998).

پیوند بین لیفی می‌باشد و در افزایش مقاومت چسبندگی نقش مهمی دارد.

به دلیل افزایش بیش از حد گرانروی و عدم امکان اختلاط مناسب مواد، مقداری آب نیز به چسب اضافه شد و مقادیر چسبندگی با افزودن سه مقدار مختلف نرمه در مقادیر ثابت نشاسته ۴۰ گرم، سود ۱ گرم و بوراکس ۰/۵ گرم به شرح جدول ۳ به دست آمد.

تفاوت اصلی نرمه‌ها با الیاف، اندازه آنها می‌باشد که از الک ۲۰۰ مش عبور می‌کنند. نرمه‌ها بر اساس منشأ به دو نوع تقسیم می‌شوند: نرمه‌های نوع اول در خمیر کاغذهای کوبیده نشده وجود دارند و این نرمه‌ها در خمیرهای شیمیایی سطح ویژه $4 \text{ m}^2/\text{g}$ دارند. نرمه‌های نوع دوم در خمیر کاغذهای کوبیده شده وجود دارند که سطح ویژه آنها در خمیرهای شیمیایی $10-20 \text{ m}^2/\text{g}$ می‌باشد. در خمیرهای مکانیکی سطح ویژه نرمه‌ها $8 \text{ m}^2/\text{g}$ -۷ است، درحالی‌که سطح ویژه الیاف $1 \text{ m}^2/\text{g}$ می‌باشد. به دلیل سطح ویژه زیاد، نرمه‌ها پیوندهای بین لیفی را بهبود می‌بخشند (Casey, 1983).

با توجه به این که نرمه‌های مورد استفاده در این تحقیق از خمیر کاغذ نیمه شیمیایی تهیه شدند، سطح ویژه آنها بین خمیرهای شیمیایی و مکانیکی بوده که در نتیجه سطح ویژه نسبتاً زیاد، می‌توانند تعداد پیوند هیدروژنی بیشتری ایجاد کرده و اتصال چسب با لایه‌ها را بهبود بخشند.

ناظری و همکاران (۲۰۰۲) نرمه‌ها را از نظر منشأ به دو نوع رشته‌ای^۱ و نواری^۲ تقسیم‌بندی نموده‌اند. نرمه‌های رشته‌ای از مواد رشته‌ای، مانند دیواره نازک سلول و رشته‌ها تشکیل شده و نرمه‌های نواری متشکل از تکه‌های ضخیم دیواره سلول و اشعه‌های سلولی می‌باشند.

1- Fibrils
2- Flakes

جدول ۳- ویژگی‌های چسب نشاسته اصلاح شده با مقادیر مختلف نرمه*

نوع نشاسته	نرمه (%)	دمای چسب (°C)	چسبندگی (N/m)	ماده جامد (%)	دمای ژله‌ای شدن (°C)	گرانروی (ثانیه)	pH
	۵	۳۸	۶۳۴/۳۳	۴۱	۶۲	۴۳	۱۲
ذرت	۱۰	۳۹	۶۳۲/۵	۴۵	۶۱	۵۷	۱۲
	۱۵	۳۸	۵۰۸	۵۲	۵۹	۱۸۰	۱۲

* این چسب با استفاده از مقدار بهینه مواد شامل: ۴۰ گرم نشاسته، ۱ گرم سود و ۰/۵ گرم بوراکس تهیه شده است.

آب و نرمه در گرانروی تقریباً مشابه چسب، افزایش مقدار چسبندگی کاملاً مشهود است. به عبارت دیگر، با استفاده از نسبت مناسب آب به مواد جامد و با افزایش درصد نرمه، چسبندگی افزایش یافته است. این روند همان‌طور که قبلاً توضیح داده شده می‌تواند به دلیل بهبود پیوندهای هیدروژنی بین لیفی در اثر خیس شدن الیاف سطحی لایه‌ها و خشک شدن باشد.

در شکل ۲ میزان چسبندگی به‌عنوان تابعی از افزودن درصد نرمه همراه با تعدیل مقدار مواد جامد توسط افزودن آب دیده می‌شود.

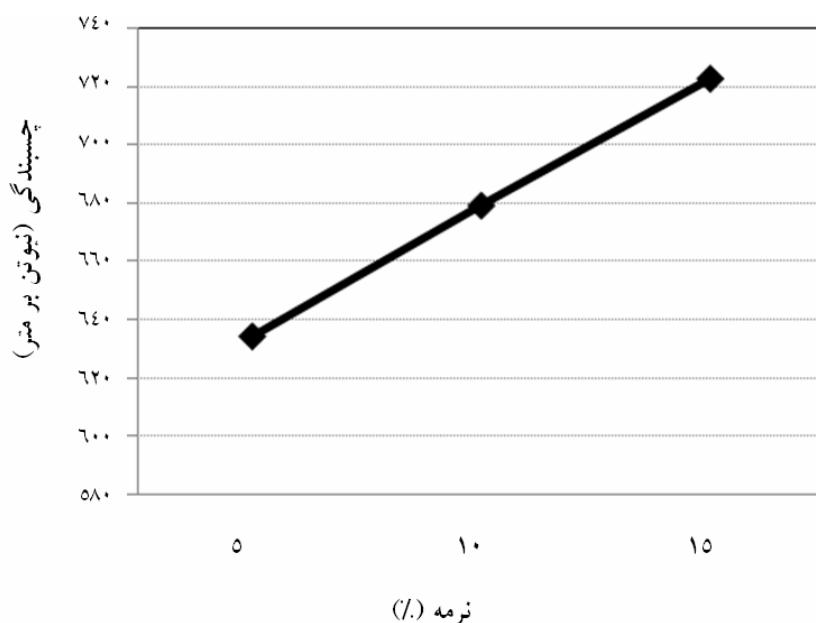
برای دستیابی به گرانروی مناسب، پس از آزمون‌های مکرر، به چسب نشاسته آب اضافه شد تا گرانروی را کاهش داده و به حد مطلوب برساند. به چسب‌های با میزان نرمه ۱۰ و ۱۵ درصد به ترتیب ۱۰ و ۳۰ میلی‌لیتر آب اضافه شد. در این حالت، نسبت آب به مواد جامد با این نسبت در چسب نشاسته اصلاح نشده (شاهد) برابری می‌کند.

جدول ۴ تأثیر افزودن آب به همراه نرمه را در چسب نشان می‌دهد. همان‌طور که انتظار می‌رفت، چسب‌های جدید که گرانروی مناسب‌تری دارند، قابلیت اعمال و نفوذ بهتری داشته و با افزایش مقدار

جدول ۴- تأثیر افزودن آب در مقادیر مختلف نرمه بر ویژگی‌های چسب نشاسته اصلاح شده*

نوع نشاسته	نرمه (%)	مقدار افزودن آب (ml)	دمای چسب (°C)	چسبندگی (N/m)	ماده جامد (%)	دمای ژله‌ای شدن (°C)	گرانروی (ثانیه)	pH
	۵	۰	۳۸	۶۳۴/۳۳	۴۱	۶۲	۴۳	۱۲
ذرت	۱۰	۱۰	۳۹	۶۷۹	۴۲	۶۲	۴۲	۱۲
	۱۵	۳۰	۳۹	۷۲۲/۳۳	۴۲	۶۲	۴۳/۵	۱۲

* این چسب با استفاده از مقدار بهینه مواد شامل: ۴۰ گرم نشاسته، ۱ گرم سود و ۰/۵ گرم بوراکس تهیه شده است.



شکل ۲- میزان چسبندگی به عنوان تابعی از درصد نرمه

افزودن پرسولفات آمونیوم (Voigt & Bovier, 1974). بنابراین به ناگزیر، مقدار سود

برای کارایی و واکنش بهتر پرسولفات آمونیوم، محدوده

تا ۰/۷ گرم کاهش داده شد.

مناسب pH چسب نشاسته باید حدود ۸ تا ۹ باشد

جدول ۵- ویژگی‌های چسب نشاسته ذرت با افزودن پرسولفات آمونیوم بدون بوراکس

pH	گرانروی (ثانیه)	دمای ژله‌ای شدن (°C)	ماده جامد (%)	چسبندگی (N/m)	دمای چسب (°C)	پرسولفات آمونیوم (g)	سود (g)	نشاسته (g)
۸	۲۳	۶۷	۳۰	۳۲۰	۳۹	۰/۱		۴۰
۸	۲۴	۶۶	۳۲	۳۳۴	۳۹	۰/۲		
۹	۲۴	۶۶	۳۲	۳۱۸	۳۸	۰/۳	۰/۷	
۹	۲۵	۶۵	۳۴	۳۴۴	۳۹	۰/۴		
۹	۲۶	۶۵	۳۵	۳۴۲	۳۸	۰/۵		

مقایسه جدول ۵ با جدول ۲ حکایت از کاهش گرانروی چسب با افزودن پرسولفات آمونیوم داشت که با نتایج Rodger و همکاران (۱۹۹۸) مطابقت دارد. از نتایج جدول فوق چنین پیداست که افزودن مقادیر مختلف پرسولفات آمونیوم بدون بوراکس، نتایج مطلوبی را دربر نداشت. بنابراین با افزودن ۰/۳ گرم بوراکس به همراه پرسولفات آمونیوم، ویژگی‌های چسب مجدداً مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۶).

جدول فوق چنین پیداست که افزودن مقادیر مختلف پرسولفات آمونیوم بدون بوراکس، نتایج مطلوبی را دربر نداشت. بنابراین با افزودن ۰/۳ گرم بوراکس به همراه پرسولفات آمونیوم، ویژگی‌های چسب مجدداً مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۶).

جدول ۶- ویژگی‌های چسب نشاسته ذرت اصلاح شده با افزودن پرسولفات آمونیوم

pH	گرانروی (ثانیه)	دمای ژله‌ای شدن (°C)	ماده جامد (%)	چسبندگی (N/m)	دمای چسب (°C)	پرسولفات آمونیوم (g)	بوراکس (g)	سود (g)	نشاسته (g)
۸	۲۷	۶۵	۳۵	۳۵۸	۳۸	۰/۱			
۹	۲۸	۶۵	۳۶	۳۴۹	۳۸	۰/۲			
۸	۲۸	۶۵	۳۶	۳۵۴	۳۹	۰/۳	۰/۳	۰/۹	۴۰
۹	۲۹	۶۴	۳۷	۳۶۱	۳۸	۰/۴			
۹	۲۹	۶۴	۳۹	۳۴۵	۳۸	۰/۵			

جدول ۷- ویژگی‌های چسب نشاسته ذرت اصلاح شده با پرسولفات آمونیوم

pH	گرانروی (ثانیه)	دمای ژله‌ای شدن (°C)	ماده جامد (%)	چسبندگی (N/m)	دمای چسب (°C)	پرسولفات آمونیوم (g)	بوراکس (g)	سود (g)	نشاسته (g)
۸	۳۰	۶۴	۳۸	۳۶۹	۳۸	۰/۱			
۸	۳۰	۶۴	۳۹	۳۶۳	۳۹	۰/۲			
۹	۳۱	۶۳	۳۹	۳۷۴	۳۹	۰/۳	۰/۴	۰/۹	۴۰
۹	۳۲	۶۲	۴۱	۳۷۹	۳۹	۰/۴			
۹	۳۲	۶۲	۴۱	۳۶۸	۳۸	۰/۵			

بحث

در این تحقیق مقادیر مختلف نرمه خمیر کاغذ نیمه‌شیمیایی در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد به چسب نشاسته اضافه شد و تأثیر آن روی مقاومت چسبندگی مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر چسبندگی با افزایش مقدار نرمه در چسب نشاسته افزایش قابل توجهی را نشان داد که می‌توان از علل آن به افزایش تعداد الیاف و سطح تماس و در نتیجه تعداد پیوندهای بین لیفی (هیدروژنی) اشاره کرد که منجر به بهبود مقاومت چسبندگی می‌شود. همچنین میزان مواد جامد و گرانروی چسب افزایش قابل توجهی یافت که به‌منظور کاهش گرانروی و در نتیجه بهبود سیالیت چسب و سهولت گردش آن در سیستم، به چسب آب اضافه شد. البته با افزودن آب بیشتر، حجم

با افزودن ۰/۳ گرم بوراکس، برای دستیابی به pH مناسب برای پرسولفات آمونیوم، مقدار سود به ۰/۹ گرم افزایش داده شد. ولی در نتایج کماکان بهبود قابل توجهی حاصل نشد و در نتیجه مقدار بوراکس به ۰/۴ گرم افزایش داده شد (جدول ۷).

جدول ۷ نشان می‌دهد با افزودن بوراکس تا ۰/۴ گرم نیز نتایج مطلوبی در چسبندگی حاصل نشد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده، به‌کارگیری پرسولفات آمونیوم در چسب نشاسته به این روش توصیه نمی‌شود. روش مناسب برای تهیه چسب‌های اکسید شده با پرسولفات آمونیوم همان روش‌هایی است که قبلاً نیز به آنها اشاره شده است (Averous et al., 2002; Barla, 2002).

- Averous, L., Valle, G.D., and Popineau, Y., 2002. "Interactions between cellulose and plasticized wheat starch- properties of biodegradable", plant biopolymer science- food and nonfood applications.
- Barla, V., 2002. "Cold corrugation process", panafrikan paper mills (EA) Ltd, Kenya, TAPPSA J.
- Casey, J., 1983. "Pulp & paper", chemistry & chemical technology, Wiley, J. and Sons. Publisher, Vol. 4, pp 2337-2343 and 2381- 2397. <http://www.wmich.edu/ppse/staff/courses/fleming/Lec2.ppt>
- Corrugating starch adhesives manual, 2006. Casco Inc., CPING redientes. Corn products international, <http://www.cornproductsus.com>.
- Giesfeldt, T.E., Fitt, L. E., Pienkowski, J.J., and Wallace, J. R., 1996. "Corrugating adhesive incorporating solubilized cellulosic fiber and polyvinyl alcohol", United States Patent 5503668.
- Kohl, J., 2010. Advanced adhesives reports, your corrugating newsletter from harper/ love adhesive corporation, Rheology vs. viscosity.
- Maurer, H.W., 2009. "Starch", third edition, chemistry and technology, pp 657-713.
- Mcpherson, R., Schmidt, A., and Antrim R., 2000. "Corrugating adhesive, method for preparing corrugating adhesive and corrugated board", United States Patent 6063178.
- Petrie, E.M., 2010. "Modern Starch Based Adhesives – Not Your Father's Starch Anymore". SpecialChem Inc., <http://www.specialchem4adhesives.com/resources/articles/article.aspx?id=3960>.
- Rodger, G., H. Michael, M., and William, M., 1998. "Adhesive compositions for corrugated boxes". WIPO Patent. Application WO /1998/050478.
- Savolainen, A., 1998. "Paper and Paperboard Converting". TAPPI and the Finnish Paper Engineers, vol. 19.
- Seth, R.S. 2003. The Measurement and Significance of Fines. Pulp and paper Canada, Vol.104, no.2, p 41-44.
- Voigt, J., Bovier, E. 1974., "Starch product by further oxidizing oxidized starch with ammonium persulfate", patent No 3973985.

چسب تولید شده نیز بیشتر می‌شود که در نتیجه مقدار بیشتری چسب، بدون مصرف بیشتر نشاسته تهیه می‌گردد. میزان افزایش حجم چسب به مقدار میزان افزایش حجم آب و نرمه‌ها می‌باشد. به‌عنوان مثال، طبق محاسبات انجام شده، با افزایش ۱۵٪ نرمه و ۳۰ میلی‌لیتر آب، حجم چسب نشاسته ۱۵/۴٪ افزایش می‌یابد که در نتیجه کاهش مصرف نشاسته خام ۱۲/۱۴٪ خواهد بود. در صورتی که نشاسته ذرت کیلویی ۶۰۰۰ ریال خریداری شود، به‌ازای هر تن مصرف نشاسته، ۱۴۱ کیلوگرم مصرف نشاسته خام کاهش خواهد یافت که معادل ۸۴۶۰۰ تومان کاهش هزینه خرید نشاسته می‌باشد. تعمیم این محاسبات برای شرکت کارتن توحید با مصرف سالانه حدود ۴۰۰ تن نشاسته خام، ۳۳/۸۴۰/۰۰۰ تومان صرفه‌جویی اقتصادی را به‌دنبال دارد. به عبارت دیگر، افزودن نرمه اثرات مثبتی در کمیت و کیفیت چسب نشاسته مصرفی در کارتن‌سازی داشته و بهبود اقتصاد تولید را باعث می‌شود. افزودن پرسولفات آمونیوم به‌عنوان یک ماده اکسیدکننده به چسب نشاسته، نتایج مطلوبی را دربر نداشت که عدم امکان استفاده از تجهیزات مناسب آماده‌سازی چسب نظیر دستگاه پخت سریع^۱ (Voigt & Bovier, 1974) می‌تواند از جمله دلایل عدم موفقیت در ارتقای ویژگی‌های چسب نشاسته با افزودن این ماده باشد (Averous *et al.*, 2002; Savolainen, 1998).

منابع مورد استفاده

- ناظری، ا. م.، طلایی‌پور، م. و مهدوی، س. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر شکل و اندازه نرمه خمیر کاغذ مکانیکی بر ویژگی‌های کاغذ، دو فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۶(۴)، ۶۰۵-۶۲۱.

Improvement of starch adhesive properties used in the carton industry

Nikbin, N.¹, Mahdavi, S.^{2*}, Kermanian, H.³, Ramezani, O.³ and Nazeri A.M.⁴

1-M.Sc., Paper Science and Technology, University of Shahid beheshti, Zirab Branch, Iran.

2*- Corresponding author, Assistant Prof. Dept. of Wood and Forest Products, Research Institute of Forests and Rangelands, Iran,
Email: smahdavi@rifr-ac.ir

3- Assistant Prof., Faculty of New Technology, University of Shahid Beheshti, Zirab Branch, Iran

4- M.Sc., quality control manager, Towhid Carton Packaging Ind. Co., Tehran, Iran..

Received: Sep., 2012

Accepted: April, 2013

Abstract

Native starch has relatively suitable characteristics including biodegradable properties, being widely used as an adhesive in the corrugated carton manufacturing companies. Corn starch is currently used in the companies for producing adhesives. In this study, fines of NSSC pulp as natural additive and ammonium persulfate as chemical oxidative additive were used to improve the adhesion properties of corn starch. Fine was added at three levels of 5%, 10%, and 15% (based on oven-dry weight of starch) and ammonium persulfate similarly was mixed at 5 levels of 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5 grams. Addition of fine was lead to increasing adhesion strength (PAT) of the corrugating board to the amount of 25%, 35% and 43% respectively. This improvement could be due to increasing the number and strength of hydrogen bonding of fiber layers (corrugating and liner paper) and value of solid content. Addition of ammonium persulfate revealed that the method applied similar to mixing fine had no desirable results and the other methods should be used.

Key words: Corrugating board, starch adhesive, fine, ammonium per sulfate, adhesion strength.