

بررسی اثر قلیانیت بر روی ویژگی‌های خمیر سودای گونه راش با استفاده از مدل‌های رگرسیونی

داود افهامی سی‌سی^{۱*} و محمدرضا دهقانی^۲

*۱- مسئول مکاتبات، دانشجوی دکتری صنایع چوب و کاغذ، مدرس میهمان، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی،

پست الکترونیک: Davod.efhami@gmail.com

۲- دانشیار دانشکده جنگل‌داری و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۸۹

چکیده

در این مطالعه اثر مقدار قلیا بر روی بازده، عدد کاپا و چگونگی مصرف قلیا در پخت سودای گونه راش با استفاده از مدل‌های رگرسیونی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از مدل‌های رگرسیونی برای بررسی روابط بین بازده، عدد کاپا و قلیای مصرف شده مفید می‌باشد. بدین منظور پخت‌هایی با پنج غلظت ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ گرم در لیتر در پنج زمان مختلف بر روی چپیس‌هایی با ابعاد ۳-۵ سانتیمتر طول، ۱-۲ سانتیمتر پهنا و ۰/۵ میلی‌متر ضخامت انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش قلیا در مایع پخت، زمان لازم برای دستیابی به خمیرهایی با بازده یکسان و یا عدد کاپای معین کاهش می‌یابد. سرعت واکنش‌های لیگنین‌زدایی در اعداد کاپای پایین‌تر از ۳۰ به طور قابل توجهی کاهش یافت. در یک عدد کاپای معین با افزایش مقدار قلیا از میزان بازده قابل دستیابی کاسته شد. درصد مصرف قلیا نیز بر مبنای قلیای اولیه با افزایش غلظت مایع پخت از ۳۰ به ۷۰ گرم در لیتر به طور منظمی کاهش یافت، اما مقدار قلیای مصرفی الگوی تغییرات متفاوتی در اعداد کاپای بالاتر و پایین‌تر از ۳۰ نشان داد.

واژه‌های کلیدی: مدل‌های رگرسیونی، قلیانیت، بازده، عدد کاپا، گونه راش.

مقدمه

با افزایش مقدار قلیا در مایع پخت فاکتور H مورد نیاز و همچنین بازده در یک کاپای معین کاهش خواهد یافت (لتیاری و حسین زاده، ۱۳۷۳؛ Grace and Malcom, 1989). در واقع با زیادتر شدن غلظت مواد شیمیایی به دلیل زیادتر شدن غلظت یون هیدروکسید، لیگنین‌زدایی و همچنین تخریب کربوهیدرات‌ها شدت می‌یابد که سبب کاهش شدید زمان پخت و بازده تا رسیدن به یک کاپای معین خواهد شد (Grace and Malcom, 1989).

یکی از مهمترین متغیرهای عملیاتی تأثیرگذار بر روی ویژگی‌های خمیر و سرعت انجام واکنش‌ها، درصد ماده‌ی شیمیایی فعال و غلظت آن در مایع پخت می‌باشد. مقدار قلیای استفاده شده در یک پخت قلیایی به گونه چوبی، شرایط و تجهیزات پخت، درجه‌ی لیگنین‌زدایی مورد نیاز و غیره وابسته است. مقدار مواد شیمیایی مورد استفاده در عملیات‌های صنعتی برای تولید مهمترین خمیرهای قلیایی در جدول ۱ آمده است (Casey, 1980).

جدول ۱- مقدار مواد شیمیایی مورد استفاده در عملیات‌های صنعتی (Casey, 1980)

قلیای موثر (درصد اکسید سدیم بر مبنای چوب)	عدد کاپای قابل دستیابی	
۱۵-۱۷	۱۰-۱۲	سودای پهن‌برگان
۱۳/۵-۱۶	۱۳-۱۵	کرافت قابل رنگبری پهن‌برگان
۱۴-۱۷	۲۸-۳۵	کرافت قابل رنگبری سوزنی‌برگان
۱۱-۱۳	۷۵-۱۰۰	کرافت لاینر

نمودند که با افزایش مقدار قلیائیت از باز جذب دوباره زایلان در خمیر کاسته خواهد شد.

Aurell (۱۹۶۴) در پخت گونه‌های اسکاندیناوی اعلام کرد که میانگین کاهش بازده به ازاء هر ۱٪ افزایش مقدار قلیائیت مؤثر از ۱۲/۴ تا ۱۷/۵٪ در حدود ۰/۷۵٪ بوده است. وی این کاهش بازده را به بازده کمتر زایلان که می‌تواند در اثر کاهش مقدار زایلان باز جذب شده از مایع پخت باشد نسبت داد.

Hatton (۱۹۷۳) بیان می‌دارد که قلیای مؤثر کم و یکنواخت در کل دوره پخت، گزینندگی لیگنین‌زدایی را افزایش می‌دهد.

Rekunen و همکاران (۱۹۸۰) اعلام داشتند انتقال از مرحله لیگنین‌زدایی اولیه به توده‌ای باعث انحلال ۲۲ درصد از لیگنین در پخت قلیایی می‌شود که مستقل از دمای واکنش و غلظت مواد شیمیایی فعال است.

Smook (۱۹۸۲) بیان داشت که افزایش مقدار قلیا از مقدار همی سلولزها در یک عدد کاپای ثابت کم نموده و ترکیب سلولز باقی‌مانده را نیز دچار تغییر می‌کند، به نحوی قلیای بیشتر خمیری با روشنی بهتر و پس‌زده‌های غربال کمتر تولید می‌کند.

Aurell (۱۹۶۴) در بررسی تأثیرات مقدار قلیا بر روی ویژگی‌های خمیر اعلام نمود با افزایش قلیائیت:

۱- درصد زایلان کاهش یافته و درصد گلوکومانان زیاد می‌شود.

۲- شفافیت^۱ خمیر کاغذ رنگبری نشده زیاد می‌شود.

۳- برای رسیدن به طول پارگی^۲ یا درجه روانی ثابت به زمان پالایش بیشتری نیاز می‌باشد.

۴- بعد از پالایش تا طول پارگی مشخص مقاومت به آگیری زیاد می‌شود.

۵- فاکتور پارگی متناسب با افزایش تعداد الیاف در واحد وزن خمیر افزایش می‌یابد.

۶- حداکثر طول پاره شدن قابل دستیابی کاهش می‌یابد.

Surewicz (۱۹۶۲) در مطالعه‌ای بر روی پخت قلیایی گونه کاج بیان کرد که اگر قلیائیت به کمتر از یک حد بحرانی افت کند جذب یا رسوب اجزای لیگنین بر روی خمیر روی خواهد داد، که این امر به نوبه خود از روشنی خمیر کاسته و به مصرف بیشتر مواد در مرحله رنگبری می‌افزاید.

Clayton و Stone (۱۹۶۳) در بررسی اثر قلیائیت بر جذب دوباره زایلان در پخت سودای گونه‌ی غان اعلام

1 - Brightness

2- Breaking length

Simao و همکاران (۲۰۰۷) نیز اعلام کردند در مایع پخت قلیایی در مراحل اولیه پخت به علت واکنش سریع گروه‌های استیل همی سلولزها و مواد استخراجی به مقدار زیادی از میزان قلیای موجود در مایع پخت کاسته می‌شود. با توجه به آنچه گفته شد مقدار قلیای مصرف شده در مایع پخت تأثیر بسزایی بر روی ویژگی‌های خمیر و کاغذ دارد. در این مقاله سعی خواهد شد با استفاده از رابطه‌های رگرسیونی به بررسی روابط بین بازده، عدد کاپا و قلیای مصرف شده پرداخته شود.

مواد و روشها

در این مطالعه به منظور مقایسه مطلوب بین غلظت‌های مختلف لازم بود متغیرهای مربوط به ماده اولیه بین تمامی پخت‌ها ثابت باشد. بنابراین از ضایعات گونه راش (*Fagus orientalis*) در کارخانجات روکش و تخته لایه استفاده شد، چوب‌های تهیه شده به ابعاد اسمی ۳-۵ سانتیمتر طول و ۱-۲ سانتیمتر پهنا بریده شدند. ضخامت چپس‌های مورد استفاده نیز $0/5 \pm 0/05$ میلیمتر بود. دایجسترهای مورد استفاده ۵۰۰ میلی‌لیتر حجم داشتند و نسبت مایع به وزن خرده چوب نیز جهت غوطه‌وری کامل چپس‌ها در مایع پخت و دسترسی آسان قلیا به آنها ۱۰ به ۱ در نظر گرفته شد. در هر پخت ۳۵ گرم خرده چوب بر مبنای وزن خشک خرده چوب‌ها به دقت در دایجسترها گذاشته شد. دمای بیشینه پخت ۱۷۰ درجه سانتیگراد و زمان رسیدن به دمای حداکثر پخت نیز ۶۵ دقیقه انتخاب گردید. در تهیه مایع پخت از هیدروکسید سدیم ۹۸٪ خلوص استفاده شد که با آب مقطر به حجم ۳۵۰ میلی‌لیتر رسانده می‌شد. مقدار قلیای مورد استفاده در این تحقیق ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ گرم در لیتر در نظر گرفته شد که در واقع در پخت سودا همان قلیای فعال موجود در مایع پخت می‌باشد. برای هر

Wegener و Fengel (۱۹۸۴) نیز واکنش‌های تخریبی در مایع پخت قلیایی را شامل دو واکنش پوست‌کنی^۱ و هیدرولیز قلیایی دانسته و اعلام نمودند که واکنش پوست‌کنی سبب کاهش بازده کربوهیدرات‌ها و هیدرولیز اسیدی نیز سبب کاهش مقاومت‌ها در کاغذ حاصل می‌شود، همچنین با افزایش قلیائیت مایع پخت سرعت انجام هر دو واکنش افزایش می‌یابد.

Alen (۱۹۹۱) اعلام داشت که افزایش دمای پخت و قلیا در فرایندهای قلیایی سرعت تخریب کربوهیدرات‌ها را بیش از سرعت لیگنین‌زدایی افزایش می‌دهد، درحالی که دما و قلیای پایین‌تر گزینندگی لیگنین‌زدایی را بهبود می‌بخشد.

Berggren و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی تخریب قلیایی دو گونه غان و نوتل و تأثیر آن بر روی مقاوت‌های لیاف اعلام نمودند که الگوی کاهش درجه پلیمریزاسیون زنجیره سلولز و کاهش مقاومت‌ها به شدت تحت تأثیر شرایط واکنش از جمله دما و مقدار قلیائیت می‌باشد و در دو گونه تحت مطالعه نیز متفاوت بود، بنابراین لیاف گونه غان حساس‌تر از لیاف گونه نوتل بود و با افزایش قلیا کاهش بیشتری در مقاوت کششی فاصله صفر^۲ لیاف آن مشاهده شد.

Sixta (۲۰۰۶) بیان می‌دارد با افزایش مقدار قلیا سرعت لیگنین‌زدایی و انتقال از مرحله لیگنین‌زدایی توده‌ای به انتهای افزایش یافته و مقدار لیگنین باقی‌مانده در خمیر و زمان پخت در یک دمای ثابت کاهش می‌یابد و یا می‌توان با دمای پخت پایین‌تر در یک زمان ثابت به کاپای هدف دست یافت.

1- Peeling

2- Zero span tensile strength

$$N_1 = \text{نرمالیت اسید کلریدریک}$$

$$N_2 = \text{نرمالیت هیدروکسید سدیم در مایع پخت سیاه}$$

$$V_1 = \text{حجم اسید تیترا شده}$$

$$V_2 = \text{حجم مایع سیاه استفاده شده}$$

نتایج

جدول ۲ نتایج آزمایش‌های انجام شده در این تحقیق را نشان می‌دهد. در این مطالعه همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، برای بررسی روابط بین فاکتورهای اندازه‌گیری شده از خطوط رگرسیونی استفاده شد. بنابراین ابتدا به منظور بررسی اثر قلیائیت مایع پخت بر روی زمان و بازده به رسم خطوط رگرسیونی بین این متغیرها پرداخته شد. جدول ۳ نشان‌دهنده روابط خطوط رگرسیونی بین بازده و زمان پخت در غلظت‌های مختلف می‌باشد.

در برازش خط رگرسیونی بین زمان و بازده از تابع توانی^۱ که دارای بیشترین میزان ضریب تشخیص (R^2) بود استفاده شد. فرم کلی تابع توانی به صورت رابطه ۲ می‌باشد.

$$Y = aX^b$$

رابطه ۲

Y = متغیر وابسته (بازده)

X = متغیر مستقل (زمان پخت)

a, b = اعداد ثابت

با استفاده از روابط خطوط برازش داده شده، زمان لازم برای رسیدن به یک بازده معین و یا بازده قابل دستیابی در یک زمان معین قابل محاسبه است. چنانچه در جدول ۴ نتایج محاسبه زمان لازم جهت دستیابی به خمیرهایی با بازده‌های ۵۵ و ۴۵ درصد با استفاده از این روابط آورده شده است.

پخت ابتدا در سه زمان ۱۸۰، ۲۴۰ و ۳۰۰ دقیقه سه پخت انجام شد و سپس برای هر غلظت دو پخت دیگر نیز با توجه به نتایج پخت‌های اولیه در زمان‌های متفاوت انجام گردید. پس از هر پخت سریعاً مایع سیاه از چپس‌ها جدا شده و در لوله‌های مخصوصی به دور از نور خورشید برای آزمایش تعیین قلیای باقی‌مانده کنار گذاشته شدند. پس از آن چپس‌ها تحت شستشو قرار گرفته و بعد در یک دیفیوراتور آزمایشگاهی به مدت ۱۲۰ ثانیه هم زده شدند، در نهایت برای اطمینان از خروج کلیه لیگنین حل شده، بار دیگر الیاف تحت شستشو قرار گرفتند. جهت تعیین عدد کاپا از استاندارد TAPPI آیین‌نامه شماره T 236 OS 76 استفاده شد. تعیین عدد کاپا حداقل دو بار برای هر پخت تکرار شد. درصد بازده گزارش شده در این تحقیق از تقسیم وزن خشک کل خمیر بر وزن خشک خرده‌چوب بدست آمد. برای تعیین قلیای باقی‌مانده نیز از روش تیتراسیون اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال استفاده شد. به این منظور ۱ میلی‌لیتر از مایع پخت در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر ۲۵ درجه سانتیگراد حل شده و چند قطره فنل فتالین بر روی محلول بدست آمده اضافه گردید. افزودن فنل فتالین باعث سرخ شدن رنگ محلول می‌شود. اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال را که قبلاً آماده و در ظرف بورت اتوماتیک ریخته شده بود بر روی محلول که در حال هم‌خوردن بود تیترا نمودیم. بدین ترتیب لحظه‌ای که رنگ سرخ محلول کاملاً از بین رفت تیتراسیون اسید را متوقف و بر اساس رابطه ۱ مقدار قلیای باقی‌مانده تعیین گردید. عمل فوق برای هر مایع پخت حداقل دو بار تکرار شد.

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

رابطه ۱

جدول ۲- نتایج پخت‌های انجام شده در غلظت‌های معین

شماره پخت	نوع پخت	زمان پخت (دقیقه)	بازده %	عدد کاپا	نرمالیه قلیای اولیه	نرمالیه قلیای مصرف شده	درصد قلیای مصرف شده
۱	۳۰ گرم در لیتر	۱۸۰	۵۶/۹۱	۹۶	۰/۷۵	۰/۳۶	۴۸/۶
۲	۳۰ گرم در لیتر	۲۴۰	۵۰/۴۷	۵۶/۹	۰/۷۵	۰/۳۸	۵۱/۳
۳	۳۰ گرم در لیتر	۳۰۰	۴۹/۰۸	۳۵	۰/۷۵	۰/۴	۵۴
۴	۳۰ گرم در لیتر	۳۶۰	۴۷/۹۹	۲۹/۵	۰/۷۵	۰/۴۱	۵۵/۳
۵	۳۰ گرم در لیتر	۳۹۰	۴۷/۲	۲۷/۷	۰/۷۵	۰/۴۳	۵۷/۳
۶	۴۰ گرم در لیتر	۱۸۰	۵۱/۴۲	۸۹/۵	۱	۰/۳۲	۳۱/۵
۷	۴۰ گرم در لیتر	۲۴۰	۴۹/۱۲	۶۷/۶	۱	۰/۳۶	۳۶/۵
۸	۴۰ گرم در لیتر	۳۰۰	۴۵/۴	۲۹	۱	۰/۳۸	۳۸/۵
۹	۴۰ گرم در لیتر	۳۶۰	۴۴/۵	۲۵/۱	۱	۰/۳۹	۳۹
۱۰	۴۰ گرم در لیتر	۳۹۰	۴۳/۹	۲۰/۲	۱	۰/۴۲	۴۲
۱۱	۵۰ گرم در لیتر	۱۸۰	۴۹/۰۸	۷۷/۶	۱/۲۵	۰/۳۰	۲۴/۴
۱۲	۵۰ گرم در لیتر	۲۴۰	۴۵/۰۹	۴۳/۴	۱/۲۵	۰/۳۶	۳۹/۲
۱۳	۵۰ گرم در لیتر	۳۰۰	۴۳/۰۱	۳۵/۵	۱/۲۵	۰/۴۱	۳۲/۲
۱۴	۵۰ گرم در لیتر	۳۳۰	۴۱/۶۲	۲۱/۱	۱/۲۵	۰/۴۲	۳۳/۶
۱۵	۵۰ گرم در لیتر	۳۶۰	۴۱/۶	۱۹/۱	۱/۲۵	۰/۴۵	۳۶/۴
۱۶	۶۰ گرم در لیتر	۱۸۰	۴۵/۴۷	۶۸/۳	۱/۵	۰/۳۰	۲۰
۱۷	۶۰ گرم در لیتر	۲۴۰	۴۱/۷۱	۲۸/۲	۱/۵	۰/۳۳	۲۲
۱۸	۶۰ گرم در لیتر	۲۶۰	۴۰/۲۹	۲۲/۷	۱/۵	۰/۳۶	۲۴/۳
۱۹	۶۰ گرم در لیتر	۲۸۰	۳۹/۳۵	۱۹/۷	۱/۵	۰/۵۵	۳۴/۳
۲۰	۶۰ گرم در لیتر	۳۰۰	۳۸/۴۸	۱۶/۷	۱/۵	۰/۵۷	۳۵
۲۱	۷۰ گرم در لیتر	۱۸۰	۴۴/۰۵	۶۷/۸	۱/۷۵	۰/۲۸	۱۶/۲
۲۲	۷۰ گرم در لیتر	۲۰۰	۴۱/۱۹	۳۰/۹	۱/۷۵	۰/۲۹	۱۶/۸
۲۳	۷۰ گرم در لیتر	۲۲۰	۴۱/۰۴	۲۸	۱/۷۵	۰/۳۸	۲۲
۲۴	۷۰ گرم در لیتر	۲۴۰	۳۶/۶	۱۴/۱	۱/۷۵	۰/۴۵	۲۵/۷
۲۵	۷۰ گرم در لیتر	۳۰۰	۳۳/۳	۱۱/۴	۱/۷۵	۰/۵۹	۳۴

جدول ۳ - روابط خطوط رگرسیونی برازش داده شده بین زمان و بازده

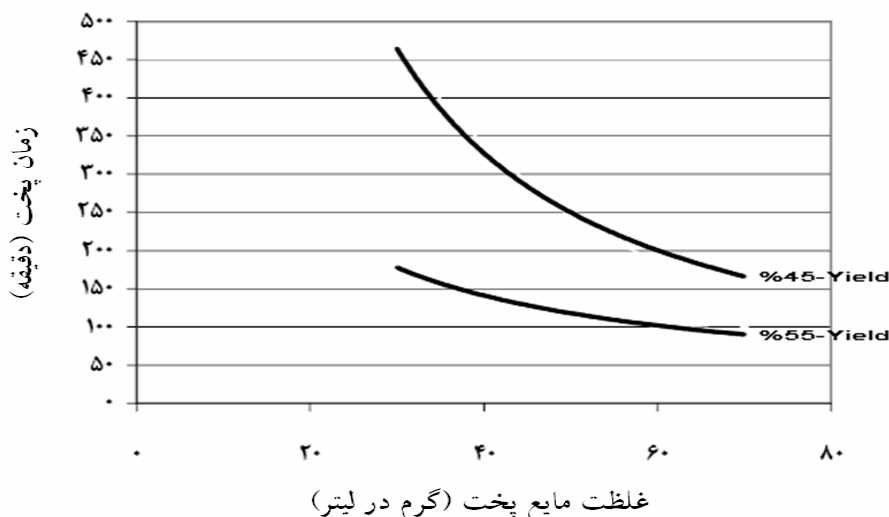
غلظت بر حسب گرم در لیتر				
۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰
$Y = 800.68X^{-0.558}$	$Y = 251.25X^{-0.3288}$	$Y = 175.81X^{-0.247}$	$Y = 157.1X^{-0.215}$	$Y = 18002X^{-0.226}$
۰/۹۵	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۲
R^2				

دقیقه برای غلظت ۳۰ گرم در لیتر به ۱۳۳/۲ دقیقه برای غلظت ۴۰ گرم در لیتر می‌رسد، در حالی که زمان پخت در همین بازه برای غلظت‌های ۶۰ و ۷۰ گرم در لیتر از ۱۰۱/۵ به ۹۵/۶ دقیقه می‌رسد. همچنین اثر قلیا در کاهش زمان پخت در بازه ۴۵٪ بیش از ۵۵٪ بود (شکل ۱).

با توجه به نتایج جدول ۴ مشاهده می‌شود که با افزایش قلیائیت، از زمان پخت جهت دستیابی به یک بازه معین کاسته می‌شود. اما نکته حائز اهمیت، کاهش اثر قلیائیت بر روی زمان پخت با افزایش مقدار قلیا در مایع پخت می‌باشد. چنانچه در بازه ۵۵٪ زمان پخت از ۱۸۹/۵

جدول ۴ - نتایج محاسبه زمان لازم جهت دستیابی به خمیرهایی با بازه معین

غلظت بر حسب گرم در لیتر					درصد بازه
۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	
۹۵/۶	۱۰۱/۵	۱۱۰/۹	۱۳۳/۲	۱۸۹/۵	٪ ۵۵
۱۷۴/۰	۱۸۶/۸	۲۵۰/۰	۳۳۸/۹	۴۶۰/۳	٪ ۴۵



شکل ۱- اثر بازه و قلیائیت بر روی زمان پخت

a, b = اعداد ثابت

e = عدد نپر

با استفاده از روابط جدول ۵ زمان لازم برای دستیابی به یک کاپای معین و یا کاپای قابل دستیابی در یک زمان معین در هر قلیائیت قابل محاسبه است. نتایج محاسبه زمان لازم جهت دستیابی به اعداد کاپای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ در قلیائیت‌های متفاوت بر اساس روابط رگرسیونی در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۵ نیز نشان‌دهنده روابط رگرسیونی بین زمان و کاپا می‌باشد. در برازش خط رگرسیونی بین زمان و عدد کاپا از تابع نمایی^۱ که برازش بهتری با نقاط مشاهده داشت و بیشترین مقدار ضریب تشخیص را نشان می‌داد، استفاده شده است. فرم کلی تابع نمایی به صورت رابطه ۳ می‌باشد.

$$Y = ae^{bX}$$

رابطه ۳

Y = متغیر وابسته (عدد کاپا)

X = متغیر مستقل (زمان پخت)

1 - Exponential

جدول ۵- روابط خطوط رگرسیونی برازش داده شده بین زمان و کاپا

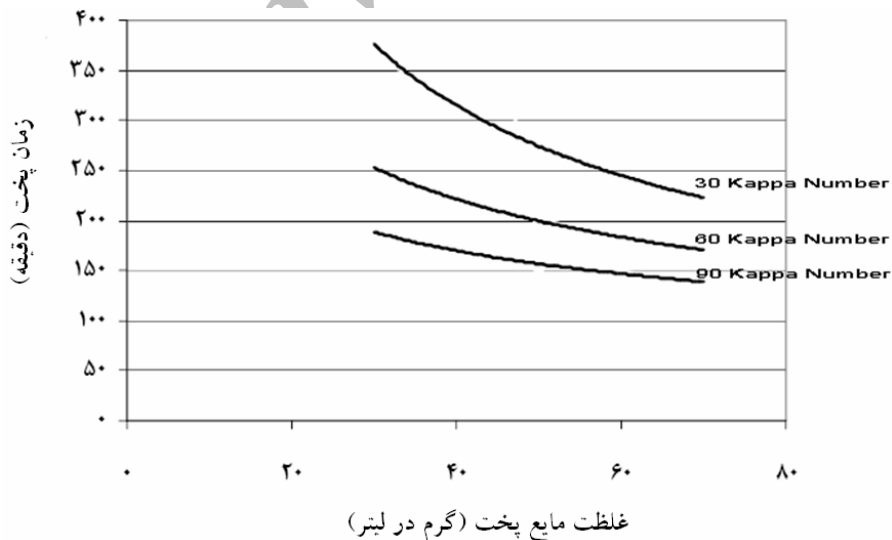
غلظت قلیا بر حسب گرم در لیتر					
۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	
$Y = 594.82e^{-0.0139X}$	$Y = 537.2e^{-0.0119X}$	$Y = 310.26e^{-0.008X}$	$Y = 34243e^{-0.007X}$	$Y = 248.72e^{-0.006X}$	رابطه رگرسیونی
۰/۸۲	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۴	R^2

جدول ۶- نتایج محاسبه زمان لازم برای دستیابی به خمیرهایی با کاپای معین

غلظت قلیا بر حسب گرم در لیتر					عدد کاپا
۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	
۲۱۴/۸	۲۴۲/۴	۲۸۸/۴	۳۲۸/۹	۳۵۸/۵	عدد کاپا ۳۰
۱۶۵/۰	۱۸۴/۲	۲۰۲/۸	۲۳۵/۳	۲۴۱/۰	عدد کاپا ۶۰
۱۳۵/۸	۱۵۰/۱	۱۵۲/۷	۱۸۰/۵	۱۸۲/۳	عدد کاپا ۹۰

چیپس ها می باشد. اما با توجه به شکل ۲ ملاحظه می شود که با افزایش قلیا و همچنین در کاپاهای بالاتر اثر مقدار قلیا در کاهش زمان پخت کمتر خواهد بود.

با توجه به داده های جدول ۶ ملاحظه می شود که با افزایش مقدار قلیا، زمان لازم جهت دستیابی به یک کاپای معین کاهش می یابد که دلیل آن افزایش سرعت واکنش های لیگنین زدایی و دسترسی آسان قلیا توسط



شکل ۲- اثر عدد کاپا و قلیانیت بر روی زمان پخت

جدول ۷ نشان‌دهنده روابط خطوط رگرسیونی بین بازده و عدد کاپا می‌باشد. در برازش خطوط رگرسیونی بین متغیرهای بازده و عدد کاپا از تابع توانی که بیشترین برازش و ضریب تشخیص را نشان می‌داد، استفاده شد. در روابط جدول ۷ بازده متغیر وابسته (Y) و عدد کاپا متغیر

مستقل (X) فرض شده است. با استفاده از روابط جدول ۷ می‌توان عدد کاپا در یک بازده معین و یا بازده قابل دستیابی در کاپای دلخواه را محاسبه نمود. نتایج محاسبه مقادیر بازده قابل دستیابی در کاپاهای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ با استفاده از روابط رگرسیونی در جدول ۸ آمده است.

جدول ۷- روابط خطوط رگرسیونی برازش داده شده بین بازده و کاپا

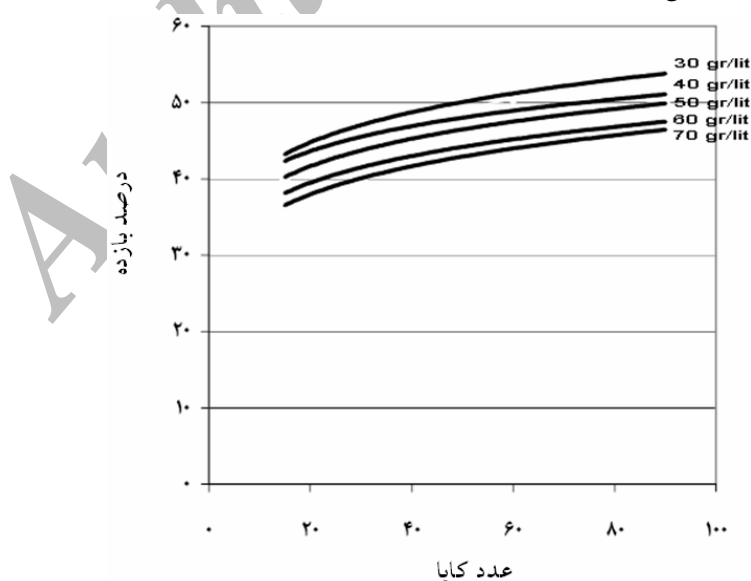
غلظت قلیا بر حسب گرم در لیتر					رابطه
۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	رگرسیونی
$Y = 24.129 X^{0.149}$	$Y = 27.865 X^{0.117}$	$Y = 29.496 X^{0.116}$	$Y = 31.931 X^{0.104}$	$Y = 29.927 X^{0.137}$	
۰/۹۰۷	۰/۹۸۵	۰/۹۷۹	۰/۹۹۰	۰/۹۳۷	R^2

جدول ۸- نتایج محاسبه درصد بازده در خمیرهایی با کاپای معین

غلظت بر حسب گرم در لیتر					عدد کاپا
۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	
۴۰/۱۷	۴۱/۴۶	۴۳/۷۱	۴۵/۵۳	۴۶/۱۳	۳۰
۴۴/۵۷	۴۵	۴۷/۳۶	۴۸/۹۴	۵۰/۴۵	۶۰
۴۷/۳۶	۴۷/۱۹	۴۹/۶۴	۵۱/۰۵	۵۵/۴۸	۹۰

به این شکل ملاحظه می‌شود که در یک عدد کاپای معین با افزایش قلیائیت بازده کاهش می‌یابد.

شکل ۳ براساس خطوط رگرسیونی رسم شده و جهت تخمین کاپای قابل دستیابی در یک بازده، در قلیائیت‌های متفاوت و در دامنه نقاط مشاهده مفید می‌باشد. با توجه



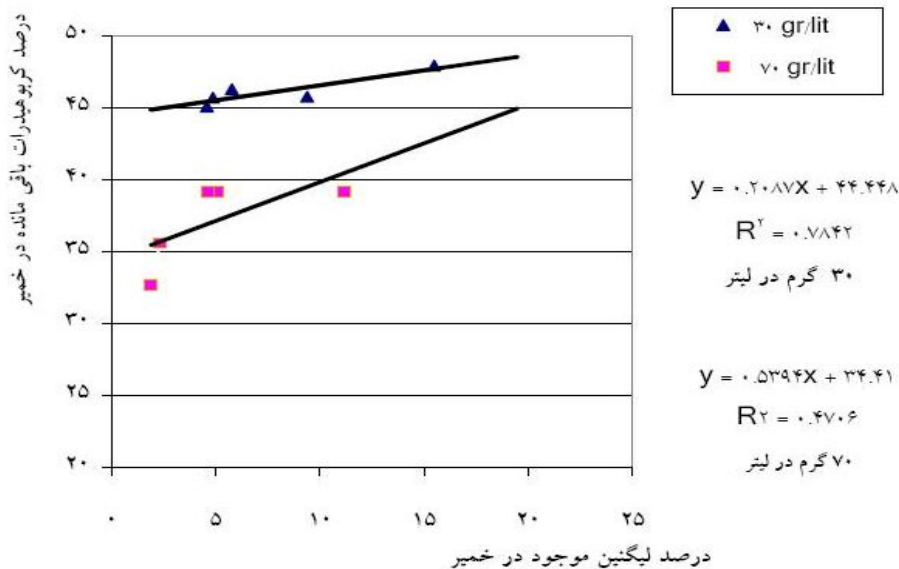
شکل ۳- روابط بین عدد کاپا و زمان پخت در غلظت‌های متفاوت

عدد کاپا $\times 0/165 =$ درصد لیگنین موجود در خمیر براساس وزن خشک خمیر (L_p)
 بازده خمیر $\times L_p =$ درصد لیگنین باقی مانده در خمیر براساس وزن خشک چوب (L_w)
 $L_w -$ درصد بازده = درصد کربوهیدرات های خمیر براساس وزن خشک چوب (C_w)

برای بررسی بهتر روابط بین عدد کاپا و بازده با توجه به جدول ۹ درصد بازده عاری از لیگنین ($LFY\%$)^۱ و درصد لیگنین موجود در خمیر براساس وزن خشک چوب در قلیائیت های ۳۰ و ۷۰ گرم در لیتر طبق روابط زیر محاسبه شد (دهقانی، ۱۳۷۳). البته شایان ذکر است که از مقدار اندک مواد استخراجی در این محاسبات چشم پوشی شده است.

جدول ۹- نتایج محاسبه درصد لیگنین و کربوهیدرات در غلظت های ۳۰ و ۷۰ گرم در لیتر

نوع پخت	عدد کاپا	% بازده	% L_p	% L_w	% C_w
۳۰ گرم در لیتر - ۱۸۰ دقیقه	۹۶	۵۶/۹۱	۱۵/۸۴	۹/۰۱	۴۷/۹
۳۰ گرم در لیتر - ۲۴۰ دقیقه	۵۶/۹	۵۰/۴۷	۹/۳۸	۴/۷۳	۴۵/۷۴
۳۰ گرم در لیتر - ۳۰۰ دقیقه	۳۵	۴۹/۰۸	۵/۷۷	۲/۸۳	۴/۵۹
۳۰ گرم در لیتر - ۳۶۰ دقیقه	۲۹/۵	۴۷/۹۹	۴/۸۷	۲/۳۳	۴۵/۶۶
۳۰ گرم در لیتر - ۳۹۰ دقیقه	۲۷/۷	۴۷/۲	۴/۵۷	۲/۱۵	۴۵/۰۵
۷۰ گرم در لیتر - ۱۸۰ دقیقه	۶۷/۸	۴۴/۰۵	۱۱/۸۷	۴/۹۳	۳۹/۱۲
۷۰ گرم در لیتر - ۲۰۰ دقیقه	۳۰/۹	۴۱/۱۹	۵/۰۹	۲/۰۹	۳۹/۰۹
۷۰ گرم در لیتر - ۱۸۰ دقیقه	۲۸	۴۱/۰۴	۴/۶۲	۱/۸۹	۳۹/۱۴
۷۰ گرم در لیتر - ۲۴۰ دقیقه	۱۴/۱	۳۶/۶	۲/۳۲	۰/۸۵	۳۵/۷۵
۷۰ گرم در لیتر - ۳۰۰ دقیقه	۱۱/۴	۳۳/۳	۱/۸۸	۰/۶۲۶	۳۲/۶۷



شکل ۴- روابط بین درصد لیگنین و کربوهیدرات باقی مانده در خمیر براساس وزن خشک چوب

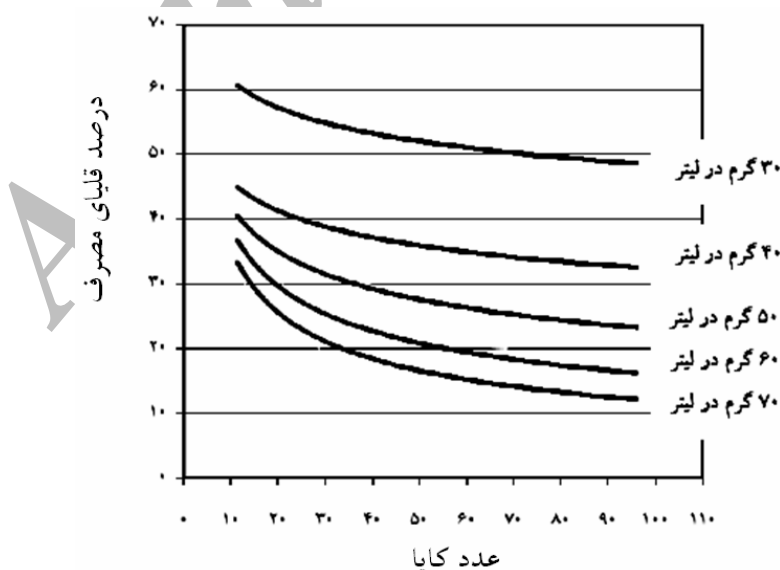
1- Lignin free yield

شده در قلیائیت‌های بالاتر می‌باشد، همچنین شیب نمودارها در تمامی غلظت‌ها در اعداد کاپای پایین بیشتر است. به طوری که این موضوع مصرف سریع مواد شیمیایی در ابتدای پخت را بر اثر تجزیه و انحلال پتتوزان‌ها و کربوهیدرات‌های سبک تأیید می‌کند.

الگوی تغییرات مقدار نرمالیت‌ه قلیای مصرفی در این مطالعه متفاوت از روند مورد انتظار بود. در قلیائیت‌های بالاتر با وجود مقدار قلیای بیشتر در محیط انتظار می‌رود واکنش‌های تخریبی بیشتر و در نتیجه مصرف بیشتر قلیا اتفاق بیفتد. در حالی که نتایج عملیاتی جدول ۱ و همچنین نتایج محاسباتی جدول ۱۰ با کمک روابط رگرسیونی، نشان می‌دهد که در کاپاهای بالاتر بعکس این حالت مشاهده می‌شود. در حالی که در کاپاهای پایین‌تر از ۳۰ این حالت طبق انتظار دید شده و با افزایش مقدار قلیا در مایع پخت مقدار قلیای مصرف شده در یک کاپای یکسان افزایش یافته است.

شکل ۴ نشان‌دهنده روابط بین مقدار لیگنین و کربوهیدرات باقی‌مانده در خمیر می‌باشد که بر اساس نتایج جدول ۹ رسم شده است. در برازش خط رگرسیونی در بین این دو متغیر از تابع خطی استفاده شده است. با توجه به این شکل به خوبی کاهش گزینندگی لیگنین‌زدایی با افزایش درصد قلیای مؤثر در مایع پخت مشاهده می‌شود، چنانچه شیب نمودار مربوط به قلیائیت ۷۰ گرم در لیتر بیشتر از شیب نمودار ۳۰ گرم در لیتر می‌باشد و در واقع با افزایش قلیائیت در ازای خروج مقدار یکسانی از لیگنین، مقدار بیشتری کربوهیدرات از دست رفته است.

شکل ۵ نشان‌دهنده چگونگی روند تغییرات درصد مصرف قلیا با افزایش قلیائیت مایع پخت است که بر اساس خطوط رگرسیونی تابع توانی رسم شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش مقدار قلیا در مایع پخت از درصد قلیای مصرف شده به طور منظمی کاسته می‌شود و در پایان پخت درصد بیشتری از قلیای اولیه در مایع پخت باقی خواهد ماند. اما نکته حائز اهمیت افزایش شیب نمودارهای قلیای مصرف



شکل ۵- روند تغییرات درصد قلیای مصرف شده با افزایش قلیائیت مایع پخت

بحث

این تحقیق نشان داد که استفاده از مدل‌های رگرسیونی در بررسی روابط بین ویژگی‌های خمیر بسیار مفید می‌باشد. با افزایش قلیائیت زمان لازم برای رسیدن به یک بازده و یا کاپای معین کاهش یافت که با نتیجه تحقیقات رحمتی (۱۳۸۴) بر روی گونه اکالیپتوس مطابقت داشت. همچنین اثر بیشتر کاهش زمان پخت در کاپای ۳۰ در مقایسه با کاپای ۹۰ و همچنین بازده ۴۵٪ در مقایسه با بازده ۵۵٪، توسط Rekunen و همکاران (۱۹۸۰) نیز اعلام شده است. آنها بیان داشتند در پخت قلیایی در مراحل اولیه پخت (بازده و کاپای بالا) واکنش‌ها تا حدودی مستقل از دما و غلظت مواد شیمیایی فعال است که به دلیل کنترل واکنش‌ها در مرحله اولیه لیگنین‌زدایی است. در این مطالعه ملاحظه گردید که بازده قابل دستیابی در کاپاهای برابر با افزایش مقدار قلیا کاهش یافت. به نحوی که با افزایش مقدار قلیا در مایع پخت انحلال همی سلولزها و سلولز افزایش یافته و گزینندگی لیگنین‌زدایی کاهش می‌یابد که سرانجام سبب خواهد شد بازده قابل دستیابی در کاپای برابر، با افزایش قلیائیت کاهش یابد (Clayton & Stone, 1963; Grace & Malcom, 1989). شکل ۴ به خوبی موضوع کاهش گزینندگی لیگنین‌زدایی با افزایش قلیا را نمایش می‌دهد. از سوی دیگر Clayton و Stone (۱۹۶۳) در پخت سودای گونه غان اعلام نمودند که مقداری از کاهش بازده بر اثر افزایش قلیائیت به دلیل کاهش باز جذب دوباره زایلن بر روی الیاف است. بنابراین شیب نمودارهای درصد قلیای مصرف شده براساس عدد کاپا با افزایش قلیائیت مایع پخت بیشتر شد که می‌تواند دلیلی در کاهش گزینندگی لیگنین‌زدایی باشد. Fengel و Wegener (۱۹۸۴) بیان داشتند که تخریب قلیایی کربوهیدرات‌ها مستلزم مصرف مقدار بالایی قلیا می‌باشد که

نتیجه این واکنش‌ها آزاد شدن اسیدهای آلی و کاهش اسیدیته مایع پخت است. Simao و همکاران (۲۰۰۷) نیز اعلام نمودند که مصرف قلیا در ابتدای پخت به دلیل واکنش سریع گروه‌های استیل همی سلولز و مواد استخراجی به شدت افزایش می‌یابد و با ادامه پخت در مرحله لیگنین‌زدایی توده‌ای مصرف قلیا حالت تقریباً پایداری می‌گیرد و در نهایت با ادامه پخت در مرحله لیگنین باقی مانده مصرف قلیا بر اثر تخریب شدید کربوهیدرات‌ها افزایش می‌یابد. در این تحقیق نیز مشاهده می‌شود در اعداد کاپای پایین در کلیه قلیائیت‌ها شیب نمودارهای درصد قلیای مصرف شده شدیدتر بود. در مورد الگوی متفاوت قلیای مصرف شده در اعداد کاپای بالاتر و پایتتر از ۳۰ نیز Sixta (۲۰۰۶) بیان داشته که همواره مقداری از قلیا به صورت یون‌های سدیم در طی فرایند خمیرسازی جذب مکان‌های هیدروکسیلی الیاف می‌شود. حال با توجه به کاهش شدید همی سلولزها که گروه‌های هیدروکسیلی آزاد فراوانی دارند، در غلظت‌های بالاتر قلیا در مایع پخت و اعداد کاپای پایین، مقدار این جذب یون سدیم بر روی الیاف کاهش خواهد یافت و مقدار قلیای مصرفی مطابق با انتظار خواهد بود. در حالی که در کاپاهای بالاتر با توجه به مقدار زیادتر همی سلولزها در خمیر و به‌ویژه در غلظت‌های پایین‌تر که گزینندگی بیشتری دارند، مصرف قلیا به دلیل جذب بیشتر یون‌های سدیم خلاف انتظار خواهد بود.

سیاسگزاری

از زحمات مسئولین محترم آزمایشگاه‌های صنایع چوب و کاغذ دانشگاه گرگان سرکار خانم مهندس صدیقه حسین‌خانی و جناب آقای مهندس احمد رضانژاد صمیمانه تشکر نموده و برای ایشان آرزوی توفیق می‌نمائیم.

جدول ۱۰- نتایج محاسبه قلیای مصرف شده در کاپاهای یکسان با روابط رگرسیونی

غلظت مایع پخت بر حسب گرم در لیتر			
۷۰	۵۰	۳۰	عدد کاپا
۰/۴۸۰	۰/۴۷۲	۰/۴۵۴	۱۵
۰/۳۲۸	۰/۳۹۴	۰/۴۱۷	۳۰
۰/۲۶۲	۰/۳۵۴	۰/۳۹۸	۴۵
۰/۲۲۴	۰/۳۲۹	۰/۳۸۴	۶۰
۰/۱۹۸	۰/۳۱۰	۰/۳۷۴	۷۵

منابع مورد استفاده

- Clayton, D. W. & Stone, J. E. 1963. The redeposition of hemicelluloses during pulping. i. the use of tritium-labeled xylan. Pulp & paper magazine of Canada 64 (11), 459-468.
- Fengel, D., & Wegener, G. 1984. Wood chemistry, ultra structure, reactions. Berlin/New York: Walter de Gruyter, pp: 296-300.
- Gentile, V.M., Schroeder, L.R. & Atalla, R. H. 1986. Abstracts Cell 17, 190th American chemical society national meeting, Chicago, IL, Sept. 8-13, 1985, J. Wood Chem. Techno., 6(1):1.
- Grace, T. M., & Malcom, E. W. 1989. Pulp & paper manufacture. Volume 5. Alkaline pulping. Joint text book committee of the paper industry. USA.
- Hatton, J.V. 1973 Development of yield prediction equations in Kraft pulping. Tappi, 56(7): 97-100.
- Rekunen, S., Jutila, E., Lahteenmaki, E., Lonnberg, B., & Virkola, N. E. 1980. Examination of reaction kinetics in Kraft cooking. Paperi Ja Puu, 62, 80. Pp:1-13.
- Simao Jo~ao, P.F., Ana, P.V., Egas, M., Grac, A. C., Cristina M.S.G., Baptista, J.A., & Castrom, A.M. 2007. Heterogeneous studies in pulping of wood: Modeling mass transfer of alkali. Chemical Engineering Journal, 1-7.
- Sixta, H., 2006. Hand Book of Pulp, Volume 1. John Wiley & Sons. New York.
- Smook, F. A., 1982. Handbook for pulp & paper technologists. Joint text book Committee of the paper industry. USA.
- Surewicz, I. W. 1962. Sorption of organic components from cooking liquor by cellulose _beers; its relation to the "dangerous cooking crest" in alkaline pulping. Tappi 45, 570-578.
- جهان لتیبازی، ا. و حسین زاده، ع. ۱۳۷۳. تکنولوژی تولید خمیر و کاغذ جلد اول. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.
- دهقانی فیروزآبادی، م. ۱۳۷۳. مطالعه سنتیکی خمیر کاغذ از چوب چند گونه پهن برگ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- رحمتی، ه. ۱۳۸۴. اثر قلیائیت مؤثر بر خواص خمیر کاغذ تهیه شده از چوب *Eucalyptus camaldulensis* به روش پخت کرافت. مجله پژوهش و سازندگی (در منابع طبیعی). شماره ۶۸، صفحه ۸۳-۷۷.
- Alen, R. 1991. A new approach for process control of Kraft pulping. Pulp and Paper Sci., 1991 ; 17(1): 6-9.
- Aurell, R. 1963. The effect of lowered pH at the end of birch Kraft cooks. Svensk Papperstidning 66 (11), 437-442.
- Berggren, R., Molin, U., Berthold, F., Lennholm, H. & Lindstrom, M. 2003. Alkaline degradation of birch and spruce: influence of degradation conditions on molecular mass distributions and fiber strength. Carbohydrate Polymers 51 (2003) 255-264.
- Casey, J.P. 1980. Pulp and paper, Chemistry & chemical technology, Third Ed. Volume, I. John Wiley & Sons. New York.

Study of initial alkali charge effects on properties of soda beech pulp by regression models

Efhami Sisi, D.^{1*} and Dehghani, M.R.²

^{1*} - Corresponding Author, Ph.D Student of wood science and technology, visiting instructor, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University; Email:davod.efhami@gmail.com

²- Associate. Prof., Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources

Received: Apr., 2010

Accepted: Jan., 2010

Abstract

In this work effect of initial alkali charge were investigated on the yield and kappa number of soda beech pulp and alkali consumption pattern. The results indicated that, the regression models are useful for studying the relations between yield, kappa number and alkali consumption. Soda cooking was performed in 30, 40, 50, 60 and 70 gr.lit⁻¹ initial alkali concentration and five different cooking times. The chips dimensions were in the range of 3-5 cm length, 1-2 cm width and 0.05 cm thickness. The results showed that increasing of alkali charge decreased the time of cooking in the same yield or kappa number. Delignification decreased significantly in kappa number lower than 30. In the same kappa number, increased alkali charge gave a lower yield. The alkali consumption was regularly decreased with increasing of initial alkali charge from 30 to 70 gr/lit, but alkali charge consumption pattern varied in less and more than 30 kappa numbers.

Keywords: Regression models, alkalinity, yield, kappa number, beech.

Archive of SID