

## مؤلفه‌های کاغذسازی پنج رقم متداول نیشکر در ایران

کامیار صالحی<sup>۱\*</sup>، فرداد گلبابایی<sup>۲</sup>، سعید مهدوی<sup>۳</sup> و عباس فخریان<sup>۲</sup>

\*- نویسنده مسئول، مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

پست الکترونیک: ksalehi@yahoo.com

۲- مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۰

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۰

### چکیده

در این تحقیق، ویژگی‌های الیاف پنج رقم اصلی نیشکر کشت شده در مزارع جنوب ایران شامل: sp70-1143، Cp57-614، cp69-106، cp48-103 و nco310 مورد مقایسه قرار گرفتند. ویژگی‌های مقایسه شده شامل ابعاد الیاف، ضرایب کاغذسازی، بازده الیاف، جرم مخصوص و ترکیب شیمیایی بودند. بلندترین طول الیاف مربوط به رقم cp69 با میانگین ۱/۵۵ میلی‌متر و کمترین آن مربوط به رقم cp57 با میانگین ۱/۳۹ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. همچنین رقم cp48 با میانگین ۲۵/۳۸ میکرون دارای قطورترین و رقم cp69 با میانگین ۲۰/۴۲ میکرون دارای باریکترین قطر الیاف در بین ۵ رقم ذکر شده می‌باشند. رقم sp70 با میانگین ۰/۳۵ گرم بر سانتیمتر مکعب بالاترین دانسیته و رقم cp57 با میانگین ۰/۱۷ گرم بر سانتیمتر مکعب کمترین دانسیته را در رطوبت ۱۲٪ دارا هستند. همچنین بین سایر ویژگی‌های الیاف و نیز ضرایب کاغذسازی پنج رقم نیشکر نیز اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در مجموع، با توجه به بررسی‌های انجام شده، رقم cp69 دارای ویژگی‌های بهتری از جنبه کاغذسازی در مقایسه با سایر ارقام نیشکر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: نیشکر، باگاس، بیومتری الیاف، بازده الیاف، جرم مخصوص، ترکیب شیمیایی.

### مقدمه

غذایی پر ارزش می‌باشد، اما اهمیت صنایع جانبی نیشکر تا بدان حد رسیده که به تدریج در برخی از کشورها مزارع آزمایشی متعددی به تولید انواع نیشکر با درصد فیبر بالا و درصد مواد قندی پایین اختصاص داده شده است. معمول‌ترین الیاف گیاهان غیرچوبی برای تولید خمیر و کاغذ کاه و کلش می‌باشد که ۴۷٪ کل خمیر و کاغذ تولید شده از گیاهان غیر چوبی در سطح جهان را به خود

امروزه نیشکر یکی از پُر ارزشترین منابع گیاهی کشاورزی در جهان محسوب می‌شود. این ارزش نه فقط به علت تولید شکر، بلکه تا حدود زیادی به علت اهمیت روزافزون محصولات فرعی و صنایع متعدد جانبی آن است. اگرچه هنوز مهمترین هدف کشاورزی نیشکر در بسیاری از ممالک جهان تولید شکر به عنوان یک ماده

مختلف مثل استفاده از باگاس به عنوان سوخت تولید بخار و یا تولید برق، استفاده از باگاس فشرده به عنوان جایگزین هیزم، استفاده از باگاس در تولید زغال، استفاده از باگاس در تولید بیوگاز و استفاده از باگاس در تولید خمیر کاغذ و کاغذ و همچنین تولید انواع تخته‌های صنعتی می‌باشد که شناخت کاملی از باگاس به عنوان ماده اولیه مصرفی در همه زمینه‌های ذکر شده ضروری می‌باشد.

شیخی (۱۳۸۳) در تحقیقی تحت عنوان امکان ساخت خمیر کاغذ روزنامه از باگاس به روش مکانیکی، پراکسید قلیایی پتانسیل باگاس برای تولید خمیر کاغذ مکانیکی پراکسید قلیایی APMP را مورد مطالعه قرار داد. در این تحقیق بیومتری الیاف و ترکیبات شیمیایی به ترتیب بر اساس روش اندازه گیری با میکروسکوپ نوری و استانداردهای TAPPI انجام شد. میانگین طول، قطر، و ضخامت دیواره الیاف به ترتیب ۱/۶ میلی‌متر، ۲۲/۷۳ میکرون و ۵/۰۱۶ میکرون تعیین شد. مقدار سلولز، لیگنین غیر محلول در اسید، مواد استخراجی، مواد محلول در سود سوز آور ۱٪ و مواد محلول در آب داغ و خاکستر به ترتیب ۵۵/۸۵، ۲۰/۵۵، ۱/۳۴، ۳۳/۳۸، ۲/۹۶ و ۱/۴۱ درصد تعیین شد.

Peng (۱۹۹۱) در تحقیقی با عنوان "خمیر کاغذ سازی پربازده از باگاس" مطالعات وسیعی بر روی روشهای مختلف شیمیایی مکانیکی تهیه خمیر کاغذ در بخش مصنوعات جنگلی و مهندسی شیمی دانشگاه chalmerz در گوتبرگ سوئد انجام داد، در این تحقیقات میانگین طول الیاف باگاس ۱/۷ میلی‌متر و میانگین قطر الیاف ۲۰ میکرون و ضخامت دیواره ۳ میکرون گزارش شده است. همچنین ترکیبات شیمیایی باگاس مغززدایی شده به شرح زیر اعلام شد.

اختصاص داده است، در این بین باگاس با سهمی معادل ۱۲٪ در رتبه دوم جهانی و بامبو با سهمی معادل ۶٪ کل تولید در مرحله سوم اهمیت قرار دارند (1987 Atchison).

با توجه به آمارهای موجود و طرحهای در دست اجرا می‌توان اظهار داشت که باگاس در آینده صنایع سلولزی ایران نقش عمده‌ای خواهد داشت. با توجه به این مسئله، تحقیق حاضر در جهت شناسایی بهتر نیشکر به عنوان ماده اولیه صنایع کاغذسازی انجام شده است.

گیاه نیشکر از سلسله *Eukaryota* زیرسلسله *Coromobionta* رده *Liliatea* راسته *Poale* خانواده *Poacea(Graminea)* جنس *Sacharum* می‌باشد و دارای ۴ گونه *Officinarum l. Robustum yesw.* *Spontaneum l.* و *Berberi yesw.* است. تکثیر این گیاه از طریق ریزوم و به ندرت از طریق بذر انجام می‌باشد. این گیاه تک‌لپه‌ای با دسته‌های آوندی پراکنده می‌باشد معمولاً دسته‌های آوندی از دو آوند چوبی سالم و یک آوند چوبی اولیه تخریب شده که در زیر دسته‌های آوندی آبکش قرار گرفته است تشکیل شده است. هر کدام از این دسته‌های آوندی توسط سلول‌های فیبری متراکم احاطه شده است. این دسته‌های آوندی در متن ساقه داخل بافت زمینه پارانشیمی قرار گرفته است. لایه بیرونی ساقه از سلولهای اپیدرمی تشکیل شده که در زیر آن سلولهای کلانشیم قرار دارد (همدی، ۱۳۸۴).

نیشکر کاشته شده در ایران شامل پنج رقم cp57-614، NCO310 و cp48-103، cp69-1062، Sp70-1143 هستند که در مزارع جنوب کشور کشت می‌شوند.

در زمینه‌های استفاده از باگاس به عنوان پسماند تولید شکر از نیشکر در صنایع مختلف تحقیقات وسیع و دامنه داری انجام شده است که شامل استفاده از آن در صنایع

جدول ۱- ترکیب شیمیایی باگاس

درصد بر اساس جرم	مواد تشکیل دهنده خشک
۶۹/۷	هولوسلولز
۴۵	آلفا سلولز
۲۱/۹	پنتوزان
۲۱/۷	لیگنین کلزون
۲ /۱	خاکستر
۱/۳	مواد استخراجی محلول در آب سرد
۲/۲	مواد استخراجی محلول در آب گرم
۲۹/۸	مواد استخراجی محلول در سود یک درصد

منبع: (Peng- 1992)

نمونه در قسمت‌های باریک، متوسط و قطور در مناطق نزدیک یقه، ۵۰٪ و ۷۵٪ ارتفاع نیشکر نمونه‌هایی تهیه شد. سپس نمونه‌های تهیه شده را به صورت کامل تبدیل به تراشه کرده و در لوله‌های آزمایش ریخته و به روش فرانکلین (۱۹۵۴) دفییره شدند. بعد از جداسازی کامل الیاف از یکدیگر در هر نمونه با ۹۰ تکرار، طول الیاف، قطر الیاف و قطر حفره سلولی توسط میکروسکوپ نوری پروژکتینا با صفحه مدرج اندازه‌گیری شد. لازم به تذکر است که قطر دیواره سلولی از نیم تفاضل قطر فیبر و قطر حفره بدست می‌آید. در این مرحله همچنین ضریب درهم‌رفتگی ضریب مقاومت به پارگی و ضریب انعطاف‌پذیری طبق فرمولهای زیر محاسبه شدند.

$$\text{ضریب مقاومت به پارگی} = \frac{2P}{C} \times 100$$

$$\text{ضریب لاغری} = \frac{L}{d}$$

$$\text{ضریب انعطاف‌پذیری} = \frac{C}{d} \times 100$$

L = طول فیبر = d قطر فیبر = C قطر حفره سلولی = P ضخامت دیواره سلولی می‌باشد.

این تحقیق با هدف بررسی خصوصیات و فاکتورهای مهم کاغذسازی از ارقام متداول نیشکر در ایران انجام شده است. همان طور که بر هر محقق پوشیده نیست، برخی اطلاعات بنیادی در طراحی اولیه واحدهای صنعتی تولید کاغذ نیاز می‌باشد. با توجه به کاشت ۵ رقم نیشکر در جنوب کشور، دانستن اطلاعات کاربردی این ارقام، می‌تواند در هدایت کاشت رقم مناسب‌تر به دست‌انکاران این صنعت کمک شایانی بنماید.

## مواد و روشها

مواد

نمونه‌های آزمایشی از مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات نیشکر در جنوب کشور به صورت دسته‌هایی (pile) جداگانه از هر رقم تهیه و به مجتمع تحقیقاتی البرز منتقل گردید.

## روشها

از هر دسته، سه بوته به صورت کاملاً تصادفی انتخاب شد. برای تعیین ویژگی‌های مرفولوژیک الیاف، از هر

خشک، جرم مخصوص بحرانی و جرم مخصوص در ۱۲ درصد رطوبت اندازه‌گیری شد. همچنین درصد هم‌کشیدگی و واکشیدگی حجمی و میزان تخلخل باگاس براساس فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

$$P_{12} = P_0 - \left( (P_0 - P_i) \frac{12}{30} \right) \quad P_0 = \frac{m_0}{V_0} \quad C = (1 - 0.67P_0) \times 100 \quad \alpha = \frac{V_g - V_0}{V_0} \times 100$$

$$\beta = \frac{V_g - V_0}{V_g} \times 100$$

خشک شوند همزمان با خشک شدن نمونه‌ها کاغذهای صافی شماره‌گذاری شده نیز در اتو خشک شدند بعد از وزن کردن نمونه‌ها را به روش فرانکلین دفیبره کرده و آنها را بعد از گذراندن از کاغذ صافی مجدداً خشک کردیم. از تقسیم وزن خشک الیاف باقی‌مانده بر روی کاغذ صافی به وزن خشک تراشه‌ها بازده الیاف نمونه‌ها بدست آمد. برای تعیین معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین‌ها از جدول تجزیه واریانس یک‌طرفه و به منظور گروه‌بندی میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

### نتایج

رقم cp69 با میانگین طول الیاف ۱/۵۵ میلی‌متر، بلندترین طول و رقم cp57 با میانگین ۱/۳۹ میلی‌متر دارای کوتاهترین طول الیاف در بین رقم‌های نیشکر کشت شده در مزارع جنوب کشور می‌باشد. با توجه به آزمون دانکن انجام شده رقم‌های cp69 و Nco310 در یک گروه و رقم Cp57 در گروه دیگر قرار دارد. همچنین در مورد قطر الیاف رقم cp48 با میانگین قطر ۲۵/۳۸ میکرون بیشترین قطر و رقم cp69 با میانگین

برای انجام بررسی خصوصیات فیزیکی نمونه‌هایی به ارتفاع ۲ سانتیمتر براساس آیین‌نامه شماره ۷۴-۲۰۱۶ D۲۰۱۶ و آیین‌نامه شماره ۸۳-۲۳۹۵ D۲۳۹۵ استاندارد ASTM تهیه شد. بعد از آماده‌سازی، جرم مخصوص در شرایط کاملاً

در فرمول‌های فوق متغیرها به شرح زیرند:

$M_0$ : جرم کاملاً خشک،  $V_0$ : حجم کاملاً خشک،  $P_0$ : جرم مخصوص کاملاً خشک،  $V_g$ : حجم کاملاً اشباع،  $P_i$ : جرم مخصوص بحرانی،  $P_{12}$ : جرم مخصوص در ۱۲ درصد رطوبت،  $C$ : درصد تخلخل،  $\alpha$ : درصد واکشیدگی حجمی،  $\beta$ : درصد هم‌کشیدگی حجمی.

برای اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی سه بوته انتخاب شده و به آرد چوب تبدیل شدند. اندازه‌گیری‌ها براساس استانداردهای TAPPI به شرح زیر انجام شد:

- تهیه آرد چوب T 257 cm-85

- آرد عاری از مواد استخراجی T 264 om-88

- میزان هولوسولولز روش کلریت سدیم (به نقل از

(Rowell-2005

- میزان لیگنین T 222 om-88

- میزان خاکستر T 211 om-85

- میزان مواد استخراجی محلول در استن

T 204 om-88

برای اندازه‌گیری بازده الیاف ابتدا نمونه‌ها به صورت تراشه درآمدند، سپس تراشه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در اتو با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند تا کاملاً

در مورد ضخامت دیواره سلولی مشاهده شد که رقم cp48 با میانگین قطر دیواره ۵/۱۲ میکرون، بیشترین میانگین قطری و رقم cp69 با میانگین قطری ۴/۱۴ میکرون کمترین میانگین قطر دیواره الیاف را در بین رقم‌های مختلف نیشکر دارا می‌باشد.

قطری ۲۰/۴۲ میکرون کمترین قطر الیاف را در رقم‌های کشت شده نیشکر در مزارع جنوب را دارد و آزمون دانکن آنها را در سه گروه جداگانه تقسیم‌بندی نموده است.

همچنین رقم cp48 با میانگین قطر حفره سلولی ۱۵/۱۶ میکرون، بیشترین قطر حفره و رقم cp69 با میانگین ۱۲/۱۳ میکرون، کمترین قطر حفره سلولی را در بین رقم‌های یاد شده دارند.

جدول ۲- میانگین ابعاد الیاف رقم‌های مختلف نیشکر کشت شده در مزارع جنوب کشور  
رقم‌های مختلف نیشکر

Sp70	Nco310	Cp69	Cp57	Cp48	ابعاد الیاف
۱/۴۵ (ab)	۱/۵۴(a)	۱/۵۵(a)	۱/۳۹(b)	۱/۴۳(ab)	طول الیاف (mm)
۲۲/۵۵(bc)	۲۱/۱۳(bc)	۲۰/۴۲(c)	۲۲/۸۱(b)	۲۵/۳۸(a)	قطر الیاف (μm)
۱۴/۰۶(ab)	۱۲/۴۸(bc)	۱۲/۱۳(c)	۱۳/۶۷(abc)	۱۵/۱۶(a)	قطر حفره سلولی (μm)
۴/۴۳(b)	۴/۳۲(b)	۴/۱۴(b)	۴/۳۷(b)	۵/۱۲(a)	ضخامت دیواره سلولی (μm)

حروف داخل پرانتز گروهبندی میانگین‌ها را به روش دانکن نشان می‌دهد.

بیشترین مقدار و رقم cp69 با میانگین ۵۹/۳۲ دارای کمترین مقدار می‌باشد. همچنین بیشترین مقدار ضریب مقاومت به پارگی با میانگین ۷۴/۹۰ مربوط به رقم cp69، در یک گروه جداگانه و کمترین آن با میانگین ۵۹/۲۵ مربوط به رقم cp 48 می‌باشد که در گروه جداگانه دیگری قرار دارد.

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد، ضریب لاغری الیاف رقم cp69 با میانگین ۷۷/۸۸ دارای بیشترین مقدار و ضریب لاغری الیاف رقم cp48 با میانگین ۵۹/۶۵ کمترین آن می‌باشد. آزمون دانکن نیز این دو وارسته را در گروه‌های جداگانه و جدای از دیگر مقادیر قرار می‌دهد. در مورد ضریب انعطاف‌پذیری تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌گردد، اما رقم cp57 با میانگین ۶۱/۲۴

## جدول ۳ - میانگین‌های ضرایب مختلف کاغذسازی در رقم‌های مختلف نیشکر کشت شده در مزارع جنوب کشور

## رقم‌های مختلف نیشکر

Sp70	Nco310	Cp69	Cp57	Cp48	ضرایب کاغذسازی
۶۵/۷۳ (abc)	۷۲/۸۶(ab)	۷۷/۸۸(a)	۶۱/۵۹(bc)	۵۶/۶۵(c)	ضریب لاغری (l/d)
۶۰/۴۵	۵۹/۴۶	۵۹/۳۲	۶۱/۲۴	۵۹/۷۰	ضریب انعطاف پذیری (c/d)
۶۷/۶۴(ab)	۷۰/۶۹(ab)	۷۴/۹۰(a)	۶۳/۵۸(ab)	۵۹/۲۵(b)	ضریب مقاومت به پارگی (2p/c)

حروف داخل پرانتز گروه‌بندی میانگین‌ها را به روش دانکن نشان می‌دهند

بیشترین مقدار هم‌کشیدگی مربوط به رقم sp70 با میانگین ۶۴/۱۱ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به رقم cp57 با میانگین ۲۱/۶۱ درصد می‌باشد.

همچنین بیشترین مقدار واکنشیدگی مربوط به رقم sp70 با میانگین ۱۸۹/۷۷ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به رقم cp57 با میانگین ۳۲/۱۱ درصد می‌باشد.

درصد تخلخل رقم cp48 با میانگین ۸۳/۲۶ بیشترین مقدار و رقم sp70 با میانگین ۶۷/۶۸، کمترین مقدار می‌باشد.

همان طوری که در جدول ۴ ملاحظه می‌گردد، رقم cp69 دارای بیشترین دانسیته بحرانی و رقم cp57 دارای کمترین مقدار است. اما تفاوت معنی‌داری بین رقم cp57 و سایر رقم‌ها مشاهده نمی‌شود.

همچنین دانسیته خشک در رقم sp70 با میانگین ۰/۴۸۲ گرم بر سانتیمتر مکعب دارای بیشترین مقدار و در رقم cp57 با میانگین ۰/۱۹۲ گرم بر سانتیمتر مکعب دارای کمترین مقدار می‌باشد.

## جدول ۴ - میانگین ویژگی‌های رقم‌های مختلف نیشکر کشت شده در مزارع جنوب کشور

## رقم‌های مختلف نیشکر

Sp70	Nco310	Cp69	Cp57	Cp48	ویژگی‌ها
۰/۱۶۹ (b)	۰/۱۶۷(b)	۰/۲۳۱(a)	۰/۱۵۰(b)	۰/۱۶۲(b)	دانسیته بحرانی ( $M_0/Vg$ )
۰/۴۸۲(a)	۰/۲۸۶(bc)	۰/۳۱۱(b)	۰/۱۹۲(d)	۰/۲۴۹(c)	دانسیته خشک ( $M_0/V_0$ )
۰/۳۵۷(a)	۰/۲۳۸(c)	۰/۲۷۹(b)	۰/۱۷۵(d)	۰/۲۱۵(cd)	دانسیته در رطوبت ۱۲٪
۶۴/۱۱(a)	۴۱/۴۵(b)	۲۴/۷۷(c)	۲۱/۶۱(c)	۳۳/۷۱(bc)	هم‌کشیدگی (%)
۱۸۹/۷۷(a)	۷۳/۱۴(b)	۳۵/۲۱(b)	۳۲/۱۱(b)	۵۵/۷۴(b)	واکنشیدگی (%)
۶۷/۶۸(d)	۸۰/۸۳(bc)	۷۹/۱۲(c)	۸۷/۰۹(a)	۸۳/۲۶(b)	تخلخل (%)
٪ ۳۲/۶(b)	٪ ۴۴/۶(a)	٪ ۳۹/۳(ab)	٪ ۴۱/۳(ab)	٪ ۴۰ (ab)	بازده الیاف (%)

حروف داخل پرانتز گروه‌بندی میانگین مربوطه را به روش دانکن نشان می‌دهد.

همان طور که در جدول ۴ مشاهده می‌گردد بالاترین درصد و کمترین میزان آن مربوط به رقم sp70 با میانگین میزان بازده الیاف مربوط به رقم nco310 با میانگین ۴۴/۶ درصد است.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر رقم‌های مختلف بر خصوصیات الیاف رقم‌های مختلف نیشکر

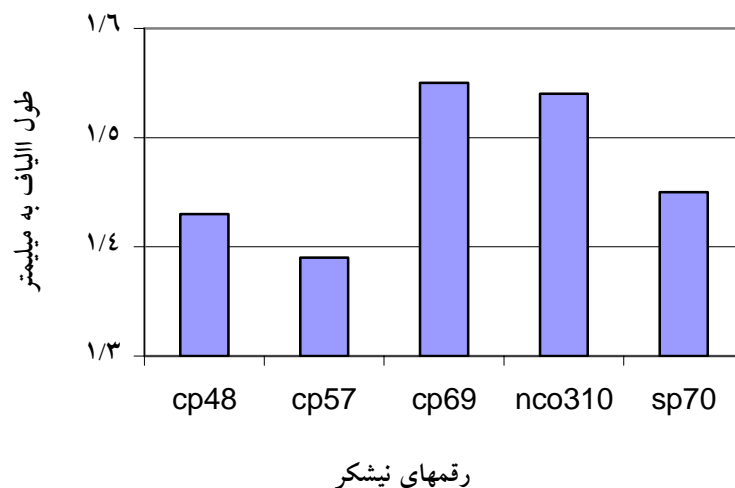
منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه	سطح معنی‌داری
بازده الیاف	بین گروهها	۴	۵۷/۷۳۳	۱/۷۰۵	۰/۲۲۵
	داخل گروهها	۱۰	۳۳۸/۶۶۷		
	مجموع	۱۴	۵۶۹/۶۰۰		
ضریب لاغری (l/d)	بین گروهها	۴	۶۵۴/۱۹۶	۶/۰۶۹	۰/۰۰۱
	داخل گروهها	۴۰	۱۰۷/۸۰۱		
	مجموع	۴۴	۶۹۲۸/۸۳۵		
ضریب انعطاف پذیری (c/d)	بین گروهها	۴	۵/۸۴۲	۰/۴۳۰	۰/۷۸۶
	داخل گروهها	۴۰	۱۳/۵۸۲		
	مجموع	۴۴	۵۶۶/۶۴۴		
ضریب مقاومت به پارگی (2p/c)	بین گروهها	۴	۳۳۳/۰۹۵	۳/۳۷۴	۰/۰۱۸
	داخل گروهها	۴۰	۹۸/۷۱۹		
	مجموع	۴۴	۵۲۸۱/۱۳۱		
طول الیاف (mm)	بین گروهها	۴	۱/۳۴۷	۴/۲۹۱	۰/۰۰۲
	داخل گروهها	۱۳۴۵	۰/۳۱۴		
	مجموع	۱۳۴۹	۴۲۷/۷۰۵		
قطر الیاف (μm)	بین گروهها	۴	۹۸۳/۲۱۲	۱۱/۹۸۶	۰/۰۰۰
	داخل گروهها	۱۳۴۵	۸۲/۰۳۲		
	مجموع	۱۳۴۹	۱۱۴۲۶۵/۶۵۸		
قطر حفره سلولی (μm)	بین گروهها	۴	۴۰۴/۴۰۸	۶/۱۸۷	۰/۰۰۰
	داخل گروهها	۱۳۴۵	۶۵/۳۶۵		
	مجموع	۱۳۴۹	۸۹۵۳۳/۱۳۹		
ضخامت دیواره سلولی (μm)	بین گروهها	۴	۳۷/۹۲۴	۱۲/۰۸۰	۰/۰۰۰
	داخل گروهها	۱۳۴۵	۳/۱۳۹		
	مجموع	۱۳۴۹	۴۳۷۴/۲۰۴		

## بحث

الیاف از نظر طولی در سه سطح طبقه‌بندی می‌شوند: دسته اول الیاف کوتاه، با طول کمتر از  $0/9$  میلی‌متر، دسته دوم الیاف متوسط، با طول بین  $0/9$  تا  $1/9$  میلی‌متر که الیاف باگاس در این طبقه طولی قرار دارند. دسته سوم الیاف با طول بیشتر از  $1/9$  میلی‌متر که الیاف بلند می‌باشند. براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده طول الیاف ساقه گندم  $1/1$  میلی‌متر (مهدوی ۱۳۷۷) و کلش برنج خمام  $0/77$  میلی‌متر (فخریان، ۱۳۷۷) گزارش شده است. در مورد بعضی از پهن‌برگان مانند صنوبر (سلیمانی، ۱۳۵۳) با میانگین طول الیاف  $0/93$  میلی‌متر، اکالیپتوس با میانگین  $0/75$  میلی‌متر، چنار با میانگین  $1/3$  میلی‌متر و اقاچیا با میانگین طول الیاف  $0/84$  میلی‌متر ملاحظه می‌شود که طول الیاف باگاس از متوسط طول الیاف پهن‌برگان و همین‌طور از متوسط طول الیاف دیگر منابع لیگنوسلولزی قابل دسترس در ایران بلندتر است و از آنجایی که باگاس

یک محصول جانبی کشاورزی محسوب می‌شود و به حجم زیاد قابل دسترس است و با توجه به وضعیت جنگلها و منابع چوبی کشور، در برنامه‌ریزی‌های آینده برای تأمین کاغذ مورد نیاز کشور باید باگاس را به عنوان محور اصلی توسعه مورد توجه قرار داد و تحقیقات کاربردی کشور را در جهت استفاده بهتر و مطلوب‌تر از باگاس گسترش داد.

در مورد طول الیاف با توجه به نتایج بدست آمده رقم cp69 با میانگین طول الیاف  $1/55$  بیشترین طول و رقم cp57 با میانگین  $1/43$  دارای کمترین طول الیاف در بین رقم‌های نیشکر کشت شده در مزارع جنوب کشور می‌باشد. طول الیاف بقیه ارقام، بین این دو رقم قرار دارند. با توجه به جدول تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری را در بین طول الیاف رقم‌های مختلف نیشکر در سطح ۹۹ درصد می‌توان مشاهده کرد که cp57، cp48 و nco310 در یک گروه و بقیه در گروه دیگر قرار دارند.



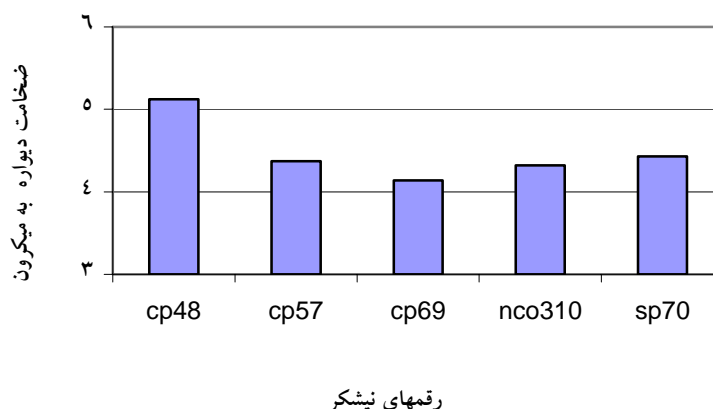
شکل ۱- مقایسه طول الیاف رقم‌های مختلف نیشکر



برابر نیروهای مکانیکی وارده از خود مقاومت بیشتری نشان می‌دهند و همین طور در برابر تغییر شکل نیز مقاومت می‌کنند، بر اثر این خاصیت قابلیت انعطاف‌پذیری و مچاله شدن الیاف کم می‌شود. همچنین افزایش ضخامت الیاف باعث افزایش ماتی و زبر و حجیم شدن کاغذ می‌گردد. بعلاوه اینکه قابلیت جذب و نگهداری آب کاغذ افزایش پیدا می‌کند. این افزایش در خصوصیات مقاومتی کاغذ ساخته شده از آن تأثیر مستقیم می‌گذارد، به طوری که مقاومت در برابر پاره شدن افزایش پیدا کرده و طول پاره شدن نیز افزایش پیدا می‌کند.

در مورد ضخامت دیواره سلولی مشاهده می‌گردد که رقم cp48 با میانگین قطر دیواره ۵/۱۲ بیشترین میانگین قطری و رقم cp69 با میانگین قطری ۴/۱۴ کمترین میانگین قطر دیواره الیاف را در بین رقم‌های مختلف نیشکر دارا می‌باشد. که در موارد مشابه در مورد کاه گندم ۴/۴۸ میلی‌متر (مهدوی، ۱۳۷۷) و در مورد کلش برنج منطقه خمام ۳/۸۷ میلی‌متر (فخریان، ۱۳۷۷) گزارش شده است.

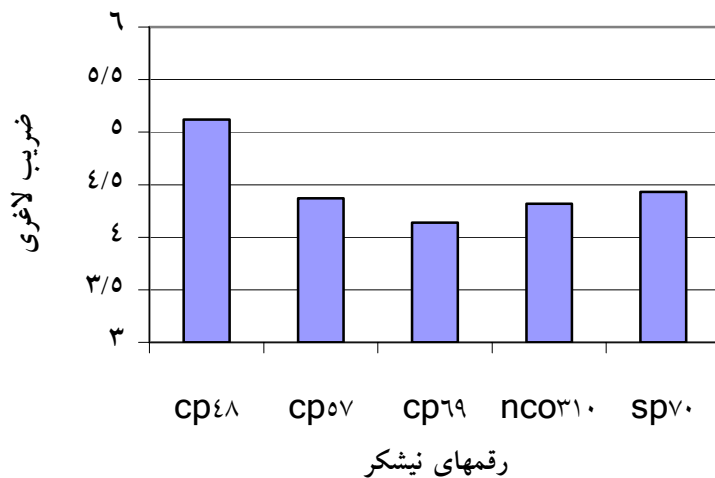
ضخیم بودن دیواره سلولی باعث افزایش دانسیته فیبر می‌گردد که این مسئله تأثیر مستقیم در خواص مقاومتی الیاف دارد. هرچه دیواره الیاف ضخیم‌تر باشد الیاف در



شکل ۲- مقایسه ضخامت دیواره الیاف رقم‌های مختلف نیشکر

مقدار آن بیشتر باشد بیانگر بلندتر و لاغرتر بودن الیاف است. هنگام تشکیل ورقه کاغذ بر روی توری ماشین‌های کاغذسازی الیاف بلندتر بهتر روی توری قرار می‌گیرند. این مسئله باعث افزایش کیفیت کاغذ ساخته شده می‌گردد. به طوری که الیاف باگاس نسبت به دیگر منابع لیگنوسلولزی غیر چوبی کشور از ضریب درهم‌رفتگی بیشتری برخوردار است.

ضریب لاغری (درهم رفتگی) الیاف رقم cp69 با میانگین عددی ۷۷/۸۸ دارای بیشترین مقدار و ضریب لاغری الیاف رقم cp48 با میانگین عددی ۵۹/۶۵ کمترین آن می‌باشد. این ضریب در مورد کاه گندم ۷۰/۹۲ (مهدوی، ۱۳۷۷)، در مورد کلش برنج خمام ۶۳/۲۷ (فخریان، ۱۳۷۷) و در مورد نی هورالعظیم ۶۹/۳۵ (فامیلیان، ۱۳۷۶) گزارش شده است. مقدار این ضریب در مورد الیاف مختلف بین ۲۰ تا ۱۵۰ متفاوت است. هرچه



شکل ۳- مقایسه ضریب لاغری الیاف رقم‌های مختلف نیشکر

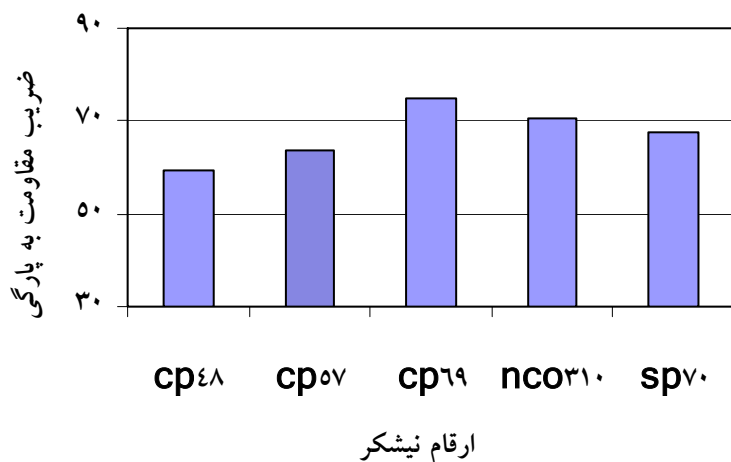
برنج خمام ۷۴/۳۲ و نی هورالعظیم ۴۰/۵۴ (فامیلیان، ۱۳۷۷) گزارش شده است. هرچه این ضریب بزرگتر باشد مقاومت کاغذ در برابر پارگی زیادتر است. مقدار اندازه‌گیری شده در مورد باگاس از ضریب مقاومت به پارگی بیشتر گیاهان چوبی و غیر چوبی بیشتر است بنابراین می‌توان انتظار داشت که کاغذهای ساخته شده از الیاف باگاس دارای مقاومت در برابر پارگی بیشتر است نسبت به کاغذهای ساخته شده از گیاهان چوبی و غیر چوبی باشد.

همان گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌گردد بین مقدار دانسیته در حالت‌های بحرانی، ۱۲٪ و خشک در بین رقم‌های مختلف نیشکر اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین مقدار تفاوت بین دانسیته بحرانی و دانسیته خشک در رقم‌های مختلف با همدیگر متفاوت است. این تفاوت اختلاف معنی‌داری را هنگام جذب مواد شیمیایی در زمان عملیات تهیه خمیر باعث خواهد شد که از لحاظ فرایندی در عملیات کاغذسازی بسیار مهم است.

در مورد ضریب انعطاف‌پذیری تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌گردد، اما رقم cp57 با میانگین عددی ۶۱/۲۴ بیشترین مقدار و رقم cp69 با میانگین عددی ۵۹/۳۲ دارای کمترین مقدار می‌باشد.

ضریب انعطاف‌پذیری در مورد کاه گندم ۴۴/۵۱ (مهدوی، ۱۳۷۷)، کلش برنج خمام ۳۶/۴۸ و نی هورالعظیم ۲۰/۵۶ (فامیلیان، ۱۳۷۷) گزارش شده است. هر چه این ضریب بیشتر باشد ایستادگی کاغذ در برابر گسیخته شدن و ترکیدن و تا خوردن بیشتر می‌شود. می‌توان انتظار داشت که کاغذ تولید شده از باگاس دارای مقاومت‌های خوبی در مقابل کشش، تا خوردگی و ترکیدن باشد.

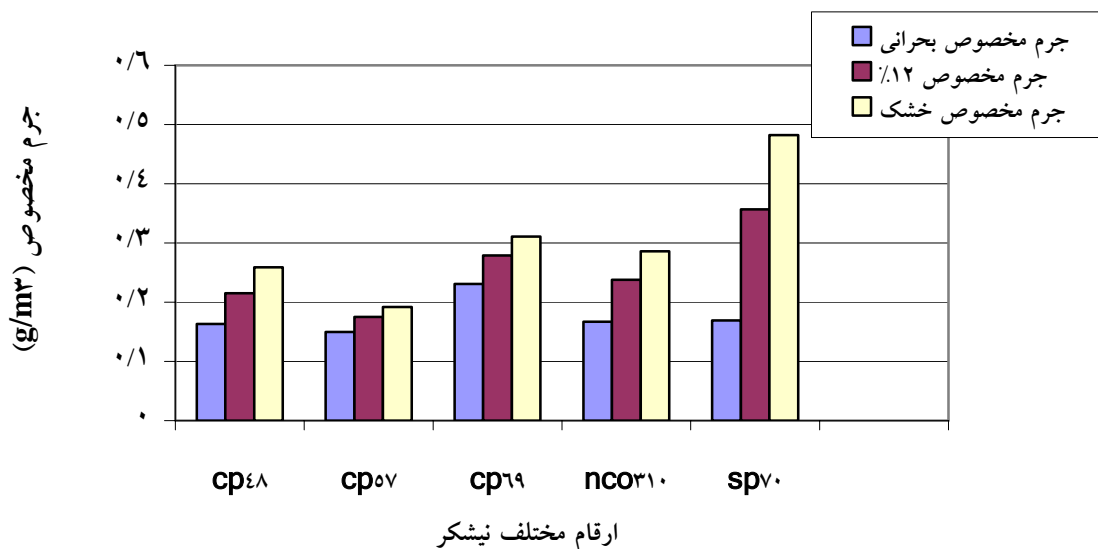
بیشترین مقدار ضریب مقاومت به پارگی با میانگین ۷۴/۹۰ مربوط به رقم cp69 و در یک گروه جداگانه و کمترین آن با میانگین ۵۹/۲۵ مربوط به رقم cp48 می‌باشد که در گروه جداگانه دیگر قرار دارد. این ضریب در مورد کاه گندم ۲۴/۷۹ (مهدوی، ۱۳۷۷) کلش



شکل ۴- مقایسه ضرب مقاومت به پارگی الیاف رقم‌های مختلف نیشکر

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر رقم‌های مختلف بر خصوصیات فیزیکی ساقه رقم‌های مختلف نیشکر

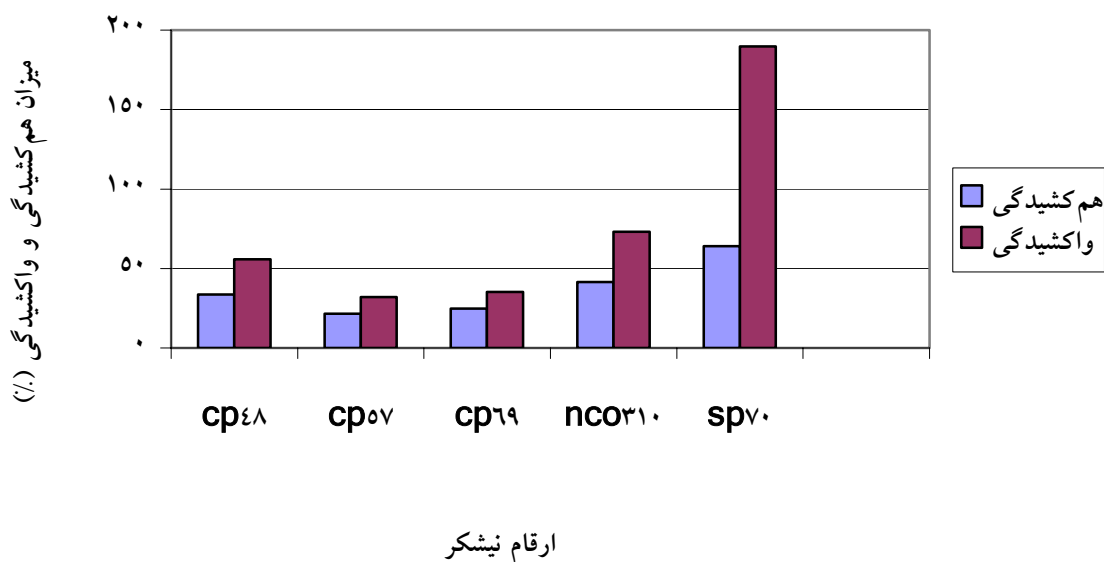
منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F محاسبه	سطح معنی‌داری
دانسیته بحرانی ( $M_0/Vg$ )	بین گروهها	۴	۰/۰۱۰	۱۱/۲۷۹	۰/۰۰۰
	داخل گروهها	۴۵	۰/۰۰۱		
	مجموع	۴۹			
دانسیته خشک ( $M_0/V_0$ )	بین گروهها	۴	۰/۱۱۹	۵۷/۸۸۱	۰/۰۰۰
	داخل گروهها	۴۵	۰/۰۰۲		
	مجموع	۴۹			
دانسیته در رطوبت ۱۲٪	بین گروهها	۴	۰/۰۴۸	۴۳/۱۹۸	۰/۰۰۰
	داخل گروهها	۴۵	۰/۰۰۱		
	مجموع	۴۹			
هم‌کشیدگی (%)	بین گروهها	۴	۲۸۸۰/۵۳۶	۲۳/۷۷۵	۰/۰۰۰
	داخل گروهها	۴۵	۱۲۱/۱۵۷		
	مجموع	۴۹			
واکشیدگی (%)	بین گروهها	۴	۴۲۳۶۵/۷۵۸	۳۸/۲۰۰	۰/۰۰۰
	داخل گروهها	۴۵	۱۱۰۹/۰۴۲		
	مجموع	۴۹			
تخلخل (%)	بین گروهها	۴	۵۳۳/۲۱۶	۵۷/۸۸۱	۰/۰۰۰
	داخل گروهها	۴۵	۹/۲۱۲		
	مجموع	۴۹			



شکل ۵- مقایسه جرم مخصوص در سه حالت بحرانی، ۱۲٪ و خشک

درصد رطوبت‌های مختلف و نیز بین رقم‌های مختلف نیشکر کشت شده در مزارع جنوب کشور نشان می‌دهد.

همان طور در جدول ۶ مشخص است، آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه اختلاف معنی‌داری را بین دانسیته در



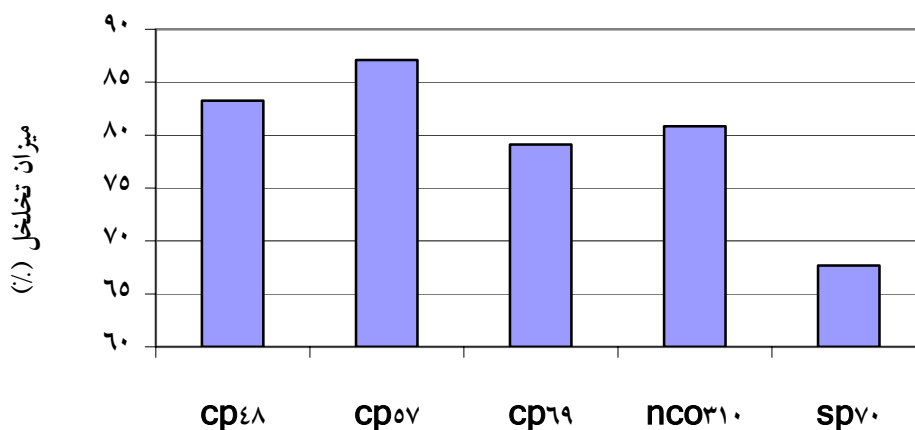
شکل ۶- مقایسه میزان هم‌کشیدگی و واکشیدگی در رقم‌های مختلف نیشکر

چوبی نظیر بالزا و برای سنگین‌ترین گونه‌های چوبی نظیر گایاک به ترتیب ۰/۱۳ و  $1/25 \text{ g/cm}^3$  است. این بدان معنی است که در گونه اول، مواد چوبی بسیار کم و در گونه دوم فضای خالی بسیار ناچیز است.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که رقم sp70 دارای کمترین فضای خالی و رقم cp57 بیشترین فضای خالی را در بین الیاف خود دارا می‌باشند. آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیز رقم‌های مختلف نیشکر را از نظر درصد تخلخل به چهار گروه متفاوت تقسیم کرده است که در سطح ۹۹٪ معنی‌دار است.

شکل ۶ نشان می‌دهد که در بین رقم‌های مختلف نیشکر، رقم sp70 دارای بیشترین مقدار هم‌کشیدگی و واکشیدگی است همچنین تفاوت بین مقدار هم‌کشیدگی و واکشیدگی نیز در این رقم بیشترین مقدار است و در مقابل رقم cp57 دارای کمترین مقدار هم‌کشیدگی و واکشیدگی و دارای کمترین اختلاف نیز می‌باشد.

با آزمون تجزیه واریانس نیز تفاوت معنی‌داری بین مقدار هم‌کشیدگی و واکشیدگی را می‌توان مشاهده کرد. مواد لیگنوسلولزی که تخلخل آنها زیاد است دارای جرم مخصوص خشک کم می‌باشند و بعکس، به طوری که متوسط جرم مخصوص خشک برای سبک‌ترین گونه‌ها

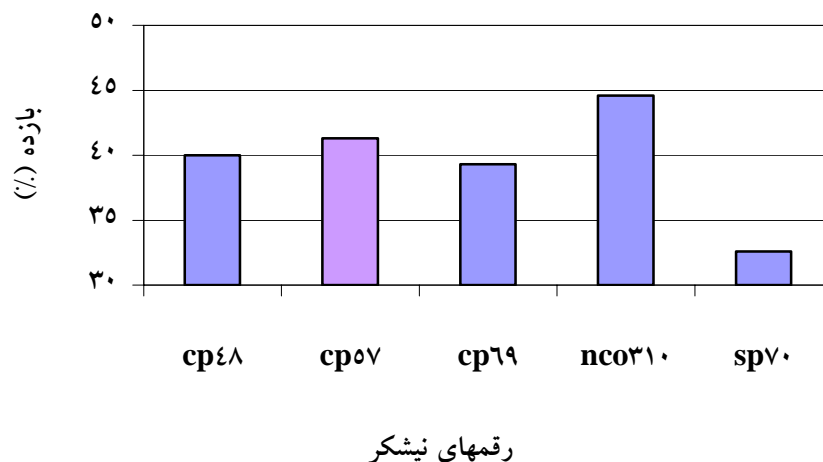


ارقام نیشکر

شکل ۷- مقایسه میزان تخلخل در رقم‌های مختلف نیشکر

گروه جداگانه در سطح اعتماد ۹۹٪ تقسیم‌بندی شده‌اند و رقم nco310 با میانگین ۴۴/۶۶ در یک گروه و رقم sp70 با میانگین ۳۲/۶۶ در گروه دیگر قرار دارد و سه رقم دیگر نیز در دو گروه مشترکند.

بازده الیاف (Volume Fraction of Fiber) معیاری است از الیاف قابل استفاده در صنایع کاغذسازی که حجم الیاف موجود بعد از عملیات لیگنین‌زدایی بر روی خمیر کاغذ را می‌توان از آن تخمین زد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد بر اساس آزمون دانکن مقدار بازده الیاف در دو



شکل ۸- مقایسه بازده الیاف در رقم‌های مختلف نیشکر

### منابع مورد استفاده

- مهدوی، س.، ۱۳۷۷. بررسی تولید خمیر کاغذ از کاه گندم به روش حلال آلی. تحقیقات چوب و کاغذ شماره ۶، نشریه شماره ۱۸۳، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.
- ASTM Standards, 1986. Annual Book Report, Adhesives/Vol 15.06 Pcn 01-150686-25
- Atchison, J. 1987. Data on non-wood plant fiber. Pulp & Paper Manufacturer. Vol:3, pp 157-169
- Franklin, I. 1954. A rapid method of softening wood for microtome sectioning, trop. Wood 88, 36 - 88.
- IAWA committee, 1989. IAWA Bulletin, n . s., Vol. 10 (3): 219-332, Rijksherbarium , Ieiden , Netherlands .
- Peng, F., Simonson , R., and Peng, F.H. 1992. High yield Chemimechanical pulping of bagasse, Part 4, Bagasse CMP with sodium hydroxide/hydrogen peroxide pretreatment. Appita. 1992,45:2, 104-108; 13 ref.
- Rowell, R., 2005. Handbook of wood chemistry and wood composite, ناشر
- Tappi Test methods, 1992 -93. Tappi press, Atlanta, CA, USA.
- Sjostrom, E., 1981. Wood chemistry, Fundamental and application, academic press, تعداد صفحات
- Tsoumis, G., 1991. Science and technology of wood, Van nostrand reinhold, 145-159.
- پارسا پزوه، د.، ۱۳۶۷. تکنولوژی چوب، انتشارات دانشگاه تهران ، شماره ۱۸۵۱، ۴۰۴.
- سلیمانی، پ.، ۱۳۵۳. بررسی خصوصیات آناتومی گیاهان چوبی و غیر چوبی نشریه شماره ۲۲، دانشکده منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران.
- شفیعی نیا، ع.، ۱۳۷۵. بررسی اثر کانالیزر آنتراکینون در ویژگیهای خمیر و کاغذ فرآیند سودا با استفاده از باگاس. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- فامیلیان، ح.، ۱۳۷۶. بررسی مقایسه‌ای خصوصیات بیولوژیکی آناتومیکی فیزیکی و شیمیایی نی در نزارهای هورالعظیم و تالاب انزلی. تحقیقات چوب کاغذ شماره ۲، نشریه شماره ۱۶۶، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.
- فخریان، ع.، ۱۳۷۷. بررسی قابلیت استفاده از کلس برنج در صنایع کاغذ. تحقیقات چوب و کاغذ شماره ۶، نشریه شماره ۱۸۳، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.

## Papermaking aspects of five common varieties of sugarcane in Iran

Salehi, K.<sup>1\*</sup>, Golbabaee, F.<sup>2</sup>, Fakhryan, A.<sup>1\*</sup> and Mahdavi, S.<sup>2</sup>

1\*-Corresponding author, MSc., wood and paper, Research Institute of Forests and Rangelands,

Email: ksalehi@yahoo.com

2- MSc., wood and paper Dept., Research Institute of Forests and Rangelands

3- Assistant Professor, wood and paper science Dept. Research Institute of Forests and Rangelands

Received: Sep., 2010

Accepted: Feb., 2012

### Abstract

The characteristics of five common varieties of sugarcane cultivated in the southern Iran, including cp57-614, sp70-1143, cp69-106, cp48-103, and nco310 were evaluated. The characteristics measured were fiber dimension, papermaking coefficients, fiber yield, density and chemical component. cp69-106 revealed the longest fiber with the average length of 1.55 mm whereas cp57-614 had the shortest fiber with average length of 1.39 mm. The cp48-103 and cp69-106 were ranked as having the widest and narrowest fiber diameter as 25.38 and 20.42 micron respectively. The measurement of the density at 12% moisture content showed that sp70-1143 with  $0.35\text{g/cm}^3$  provide the highest value and the cp57-614 possessed the lowest density measured at  $0.17\text{g.cm}^{-3}$ . There existed statistically significant differences among other fiber characteristics and papermaking coefficients. In general, the result indicated that cp69-106 provides the optimal characteristics in comparison with the other varieties based on papermaking specifications.

**Keywords:** sugarcane, bagasse, fiber dimension, fiber yield, density