بررسی ویژگی‌های ساختاری، شیمیایی و خمیردهی ساقه گیاه مارتیغال (*Silybum marianum*)

رحیم یدالهی[1*]
محمدرضا دهقانی فیروز آبادی[2]

[1] کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تهران

[2] دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مسئول مکاتبات:
yadollahi_rahim@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۱/۱۹

چکیده

به‌منظور بررسی امکان استفاده از ساقه گیاه مارتیغال یا خارمریم (*Silybum marianum*) در صنعت کاغذسازی، قابلیت عملکرد، ترکیبات شیمیایی، زیست سنجی (بیومتری) الیاف و خمیردهی ساقه این گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت. میانگین طول و قطر ساقه گیاه خودروی مارتیغال استحصال شده در اوایل خرداد ماه به ترتیب ۱۷۸ و ۳/۵ سانتی متر محاسبه شد. وزن خشک کل ساقه این گیاه در مجموع ۴۷۱۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. میانگین طول، قطر، قطر حفره و ضخامت دیواره الیاف آن نیز به ترتیب ۱۱۹۰، ۱۶/۰۶، ۹/۰۶ و ۳/۶۶ µm به دست آمد. ضرایب مقاومت به پارگی (رانکل)، انعطاف‌پذیری، درهم رفتگی الیاف این گیاه به ترتیب ۸۰/۸۳، ۵۶/۳۹ و ۷۴/۳۷ تعیین شد. نتایج تجزیه شیمیایی نشان داد که ساقه این گیاه دارای ۷۰/۳۵٪ هولوسلولز، ۳۹/۲۵٪ سلولز، ۱۳/۱۳٪ لیگنین، ۳/۰۹٪ مواد استخراجی محلول در استون، ۱۸٪ مواد قابل حل در آب داغ و ۱۱/۸۵٪ خاکستر می‌باشد. در دمای پخت ۱۶۵ درجه سلسیوس، قلیائیت ۲۵٪ و نسبت مایع پخت به ماده اولیه ۱۰ به ۱، خمیر سودا تهیه شد. نتایج خمیرسازی نشان داد که با افزایش زمان پخت از ۳۰ تا ۲۱۰ دقیقه، عدد کاپای خمیر از ۷۷/۳۲ به ۳۲/۱۳ و بازده پخت از ۴۳/۶ به ۳۶/۵ درصد کاهش می‌یابد، اما بازده خمیر مورد قبول (عبور کرده از غربال با مش ۲۰) از ۱۷/۴ به ۳۵/۵ درصد افزایش می‌یابد. کاغذ ساخته شده از خمیر با عدد کاپای ۳۲ دارای شاخص کششی ۳۶/۸۲Nm/g و طول پارگی ۳/۷۶ km و شاخص ترکیدن ۱/۷۵ $kpa.m^2/g$ می‌باشد.

واژگان کلیدی: مارتیغال، قابلیت عملکرد، ویژگی‌های شیمیایی، شاخص کشش، طول پارگی، مقاومت به ترکیدن

مقدمه

امروزه تامین ماده اولیه سلولزی مناسب، مهم‌ترین چالش پیش روی صنایع خمیر و کاغذسازی کشور ما و جهان می‌باشد. مصرف سرانه انواع کاغذ و مقوا یکی از شاخص‌های توسعه می‌باشد. بر پایه آمار سازمان خواربار و کشاورزی (فائو)[1] در سال ۲۰۱۰ میلادی، میزان تولید کاغذ و مقوا درچین ۹۶۴۵۰ هزار تن، در آمریکا ۷۵۷۸۵ هزار تن، کانادا ۱۲۷۳۳ هزار تن، ژاپن ۲۴۴۱۶ هزار تن، آلمان ۲۱۸۷۲ هزار تن و در کشورهای ترکیه ۵۳۳۴ هزار تن، عربستان سعودی ۱۱۵۰ هزار تن، مالزی ۱۶۱۸ هزار تن، هند ۷۶۰۰ هزار تن و پاکستان ۱۰۷۹ هزار تن بوده است. سهم گیاهان غیر چوبی در تولید خمیر و کاغذ در کشورهای توسعه یافته کمتر از یک درصد و در کشورهای در حال توسعه و فقیر از نظر منابع چوبی بیش از ۵۰ درصد است [۱]. در سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۳، تولید خمیر و کاغذ از منابع غیرچوبی به ترتیب ۴ درصد و ۱۰ درصد افزایش داشته است [۲]. میزان رشد ۱۰ درصدی استفاده از گیاهان غیرچوبی برای تولید خمیر و کاغذ، اهمیت آنها را در صنعت کاغذ نشان می‌دهد. هدف از این تحقیق معرفی گیاه مارتیغال و امکان استفاده از آن به‌عنوان ماده اولیه در صنایع خمیر و کاغذ است.

گیاه مارتیغال یا خارمریم (*Silybum marianum*) گیاه علفی یک یا دو ساله از تیره کاسنی بدون کرک با رنگ سبز مات، خاردار و ساقه ایستاده ضخیم، ساده یا کمی منشعب با شاخه‌های به نسبت ضخیم منتهی به یک کپه سبز و دارای شیارهای طولی می‌باشد [۳]. Ebdali mashhadi و Fathi (۲۰۰۲)، پی بردند که شمار ۶ بوته در یک مترمربع (کشت در فاصله ۳۰×۵۰ سانتی متر) بهترین عملکرد را به لحاظ دانه‌های دارویی دارا است [۴]. این گیاه در شرایط اقلیمی کاشان دارای چرخهٔ زیستی دو ساله می‌باشد که در آزمایش‌های انجام شده به منظور بررسی زراعت این گیاه در منطقه کاشان، بذرهای آن به دو روش کرتی و نواری، به صورت مستقیم کشت شده و نشان داده شده است که مناسب‌ترین زمان کشت مستقیم بذر در کشتزار، اوائل فصل پاییز است [۵]. میانگین عملکرد و بازده تولید بذر در هکتار، بین ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلوگرم و میانگین تولید سالیانه علوفه خشک گیاه، ۴ تا ۵ تن برآورد شده است و تنها آفت دیده شده در روی گیاه، کرم برگ‌خوار است که در صورت مبارزه شیمیایی، قابل کنترل است [۵]. امروزه به واسطه مواد موثره موجود در بذرهای خار مریم، از جمله گیاهان دارویی با ارزش به‌شمار می‌آید که در اغلب نقاط کشور به‌صورت زراعی کشت و تولید می‌شود. محققان موسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی با استفاده از روش‌های زیست فناوری به پروتکل خالص‌سازی و تولید انبوه سیلیمارین از دانه این گیاه برای درمان سرطان، کلسترول بالا و دیابت نوع ۲ دست یافته‌اند [۶]. لذا این گیاه می‌تواند به لحاظ دانه‌های دارویی و ساقه‌های مناسب آن برای کاغذسازی، به صورت گسترده کشت شود.

[1] Food & Agriculture Organization (F.A.O)

مواد و روش‌ها

تهیه ماده اولیه

نمونه‌گیری از ساقه مارتیغال به طور تصادفی در حوالی شهرستان گرگان در تاریخ ۸۹/۳/۳ انجام شد. سپس طول و قطر ۱۰ ساقه به ترتیب با استفاده از متر با دقت ۱mm و کولیس با دقت ۰/۰۱ mm اندازه‌گیری شد.

بررسی عملکرد اجزای مختلف گیاه مارتیغال در هکتار

در این بررسی، اجزای گیاه شامل برگ، گل و ساقه‌های ۱۰ نمونه از این گیاه از هم جدا شدند و پس از قرار دادن همه این اجزا به‌طور جداگانه در آون در دمای ۱۰۳ درجه‌ی سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت، وزن خشک آنها با ترازوی دقیق بر حسب گرم اندازه‌گیری شد و عملکرد آن در هکتار محاسبه شد.

بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی گیاه

۷۰ نمونه به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری شد که ۵ نمونه از آنها برای اندازه‌گیری ابعاد الیاف استفاده شد. برای اندازه‌گیری ابعاد و ضرایب کاغذسازی الیاف از یک سوم ارتفاع هر ۵ ساقه باریکه‌ای به‌پهنای ۱ سانتی‌متر و طولی برابر با ۲ سانتی‌متر از نمونه جداسازی و مغزگیری شد و سپس از روش فرانکلین برای جداسازی الیاف استفاده شد و با استفاده از میکروسکوپ نوری ابعاد الیاف (طول الیاف با عدسی ۴ و قطر الیاف و حفره با عدسی ۴۰) اندازه‌گیری و ضرایب کاغذسازی آن محاسبه شد.

اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی

برای اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی ساقه گیاه مارتیغال، برابر استاندارد T۲۵۷cm_۸۵ آیین نامه TAPPI آرد مورد نیاز از ساقه این گیاه تهیه شد و اندازه‌گیری مواد استخراجی محلول در استون، مواد محلول در آب داغ، هولوسلولز، سلولز، لیگنین و خاکستر برابر آیین نامه‌های TAPPI با شماره‌های زیر انجام شد:

لیگنین	T۲۲۲om ۹۸
خاکستر	T ۲۱۱om ۹۳
مواد استخراجی محلول در استون	T۲۰۴ cm ۹۷
سلولز	T۲۰۳cm۹۹
مواد قابل حل در آب داغ	T۲۰۷om۹۳
هلوسلولز	T۲۴۹cm

بررسی ویژگی‌های خمیر و کاغذ به دست آمده از پخت سودای ساقه‌ی گیاه مارتیغال

در این بررسی عمل پخت ساقه مارتیغال در دیگ‌پخت‌های[1] استوانه‌ای و تحت فرآیند سودا که بیشتر برای پخت گیاهان غیر چوبی و پهن‌برگان به کار می‌رود، صورت گرفت. در این روش قلیائیت ۲۵٪ و دمای $^{\circ}C$ ۱۶۵ به‌صورت ثابت و زمان پخت به‌صورت متغیر در نظر گرفته شد. در این بررسی آب به‌عنوان حلال و سود سوزآور به‌عنوان واکنش‌گر استفاده شد. برای تهیه‌ی مایع پخت با قلیائیت ۲۵٪ برای ۱۵۰ گرم چیپس ساقه، ۳۸/۲۶ گرم NaOH با در نظر گرفتن خلوص ۹۸٪ توزین شد و با توجه به نسبت L/W معادل ۱۰ به ۱، ۱۵۰۰ CC مایع پخت برای هر دیگ پخت استفاده شد. زمان پخت در ۷ سطح، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ دقیقه انجام شد. سپس با استفاده از دستگاه جداکننده الیاف، با شمار مشخص ۶۰۰۰ دور در دقیقه، الیاف از هم باز شدند و وزن خشک خمیر قابل قبول و میزان وازدهای غربال[2] با استفاده از مش ۲۰ و ۲۰۰ محاسبه شد.

تعیین عدد کاپا برابر استاندارد: T236-om-06 آیین نامه Tappi،

تعیین درجهٔ روانی خمیر برابر استاندارد: T227-om-92 آیین نامه Tappi،

ساخت کاغذهای دست‌ساز برابر استاندارد: T205-om-88 آیین نامه Tappi،

آزمون طول پارگی و مقاومت کششی خشک برابر استاندارد: T494-om-88 آیین نامه Tappi،

و آزمون مقاومت به ترکیدن برابر استاندارد: T403-om-91 آیین نامه Tappi انجام شد.

با توجه به عدد کاپا و بازده خمیرهای بدست آمده بهترین نوع خمیر گزینش شد و کاغذهای دست ساز با گراماژ ۶۰ و با درجه روانی ۳۸۰ میلی‌لیتر (CSF) ساخته و هوا خشک شده و خواص مقاومتی آنها اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های ساقه مارتیغال

طول و قطر ساقه این گیاه (پس از جداسازی شاخه‌های جانبی، برگ و گل‌ها) در منطقه گرگان به‌طور میانگین به‌ترتیب ۱۷۸/۲۹ mm و ۳۴/۵۷۱ mm محاسبه شد (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های زیست‌سنجی گیاه مارتیغال

ردیف	طول ساقه (mm)	قطر ساقه (mm)	گل	برگ	شاخه جانبی
میانگین	۱۷۸۲/۹	۳۴/۵	۱۰	۱۶	۵

تراکم این گیاه در منطقه مورد برداشت حدود ۶ پایه و حتی بیشتر در یک متر مربع برآورد شد[3]. در این بررسی برای تعیین وزن خشک ماده اولیه در هکتار، در آغاز وزن خشک اجزای مختلف ۱۰ ساقه که به‌طور تصادفی استحصال شده بود، اندازه‌گیری شد و برابر با جدول ۲ قابلیت عملکرد اجزای مختلف آن محاسبه شد.

بر پایه نتایج به‌دست آمده، ۱۳٪ از وزن ساقه مارتیغال را مغز تشکیل می‌دهد که دارای سلول‌های پارانشیمی است. وزن خشک ساقه‌های بدون مغز این گیاه در مجموع ۴۴۵۶/۷ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. شکل ۱، چیپس قسمت‌های مختلف ساقه و سطح مقطع آن را نشان می‌دهد. ساقه توخالی و مغز چوب پنبه‌ای آن در مقطع عرضی ساقه دیده می‌شود.

---

[1] Digester

[2] Tailings

[3] شمار ۶ بوته در مترمربع (کشت در فاصله ۳۰×۵۰ سانتی‌متر) بهترین عملکرد را به لحاظ دارویی دارا می‌باشد [۵].

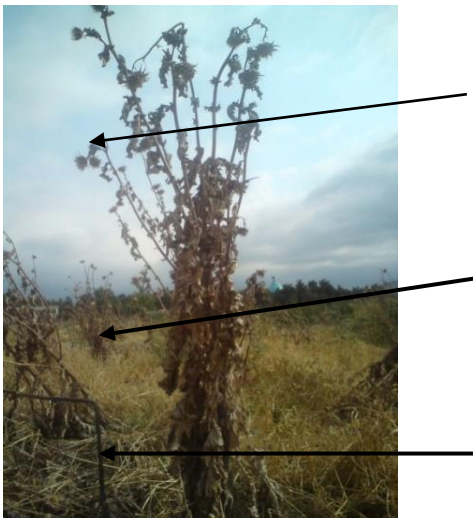
ابعاد الیاف و ضرایب کاغذسازی

جدول شماره ۳ و شکل ۳ نشان می‌دهند که ساقه مارتیغال دارای الیافی با طول ۱/۱۹۴ میلی‌متر است که در ردیف گیاهان غیر چوبی مانند کلزا، باگاس، و پهن‌برگانی مانند صنوبر قرار دارد. قطر الیاف، قطر حفره الیاف و ضخامت دیواره ساقه مارتیغال مانند پهن برگان و گیاهان غیرچوبی است و با توجه به داده‌های ریخت‌شناسی به‌دست آمده، نتیجه‌گیری می‌شود که علاوه بر داشتن طول الیافی در حد طول الیاف گونه چوبی صنوبر، دارای ضرایب کاغذسازی مناسب می‌باشد.

جدول ۲- محاسبه عملکرد اجزای مختلف گیاه مارتیغال در هکتار

	وزن اجزای ۱۰ نمونه (g)	عملکرد در هکتار (kg)
ساقه اصلی همراه با مغز	۵۸۵	۳۵۱۰
ساقه جانبی همراه با مغز	۲۰۰	۱۲۰۰
برگ	۵۸۵	۳۵۱۰
گل	۱۷۰	۱۰۲۰
مغز	۴۲/۲۱	۲۵۳/۲۹

شکل ۱- چیپس ساقه‌های مغزگیری شده قسمت‌های مختلف گیاه و سطح مقطع عرضی ساقه آن



شکل ۲- گیاه مارتیغال

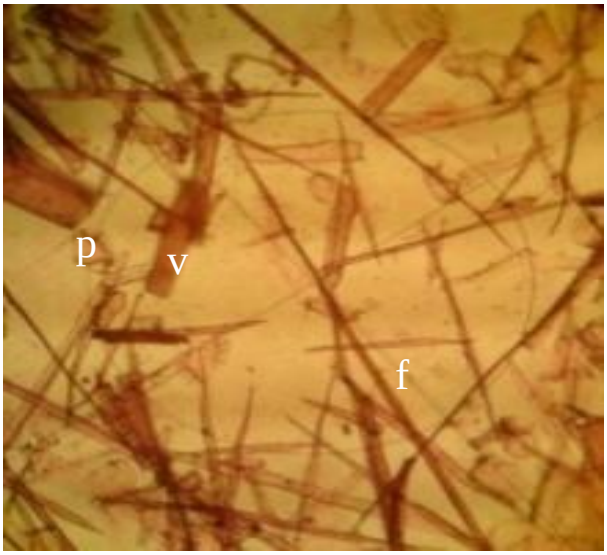
جدول۳- میانگین ابعاد الیاف ساقه مارتیغال و مقایسه آن با الیاف برخی منابع معمول مورد استفاده درکاغذسازی

ویژگی‌های الیاف	مارتیغال	کاه گندم[۷]	کلزا[۸]	باگاس[۹]	ساقه پنبه[۱۰]	صنوبر[۲]
طول (mm)	۱/۱۹	۱/۱۸	۱/۱۷	۱/۱۳	۰/۸۳	۱/۰۲
قطر (µm)	۱۶/۰۶	۱۸/۱۵	۲۳/۰۲	۲۰	۱۹/۶	۲۱
قطرحفره (µm)	۹/۰۶	۱۱/۴۶	۱۲/۵	۱۲	۱۲/۸	۱۴
ضخامت دیواره سلول (µm)	۳/۶۶	۳/۹۳	۵/۲۶	۴	۳/۴	۳/۵
ضریب رانکل	۸۰/۸۳	۶۰/۸۸	۸۴	۶۷	۵۳	۵۰
ضریب انعطاف‌پذیری	۵۶/۳۹	۶۳/۴۱	۵۴	۶۰	۶۵/۳۱	۷۰

ضریب مقاومت به پارگی (رانکل) اندازه گیری شده الیاف ساقه مارتیغال ۸۰/۸۳ است که برابر جدول شماره ۳ بیشتر از کاه گندم، باگاس و صنوبر است و در حد سوزنی‌برگان (۱۲۰-۹۰) می‌باشد و نسبت به پهن‌برگان (۷۵-۵۵) بیشتر است [۱۱] و ضریب انعطاف‌پذیری الیاف آن نسبت به سوزنی‌برگان (۷۵٪) کمتر است؛ به این دلیل که از طول الیاف کمتری نسبت به الیاف سوزنی‌برگان برخوردار است. ضریب انعطاف‌پذیری این گیاه در حد الیاف پهن‌برگان (۷۰-۵۵٪) می‌باشد [۱۰]. بنابراین به لحاظ ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ضرایب کاغذسازی این گیاه الیاف مناسبی برای کاغذسازی دارد.

ترکیبات شیمیایی

ترکیبات شیمیایی مواد خام لیگنوسلولزی تاثیر زیادی بر روی بازده خمیرسازی، اتصال الیاف به یکدیگر و رفتارهای خمیر به‌دست آمده در مرحله کاغذسازی دارد. جدول ۴ ترکیبات شیمیایی ساقه مارتیغال را در مقایسه با چند گونه غیرچوبی نشان می‌دهد.



شکل ۳- نمای ریخت‌شناسی الیاف ساقه مارتیغال (۱۰ x) p: پارانشیم، v: آوند، f: فیبر

جدول ۴- ترکیبات شیمیایی ساقه مارتیغال و مقایسه آن با منابع چوبی و غیر چوبی معمول مورد استفاده در کاغذ سازی

ترکیبات	مارتیغال	کاه گندم[۷]	کلزا[۸،۱۲]	باگاس[۹]	صنوبر[۲]
سلولز	۳۹/۲۵	۵۳/۷	۴۴	۴۹/۴	۵۲
لیگنین	۱۳/۱۳	۲۱/۱	۱۷/۳	۱۷/۸	۱۸/۱
مواد استخراجی (محلول در استون)	۳/۰۹	۵/۱	۲/۵	۸	۲/۵
خاکستر	۱۱/۸۵	۸/۵	۸/۲	۱/۸	۰/۵۴
مواد محلول در آب داغ	۱۸	۱۳/۹۹	۱۸	۱۲/۹	۲/۴
هولوسلولز	۷۰/۳۵	۷۴/۵	۷۳/۶	۷۷	۷۶/۶

میزان سلولز ساقه مارتیغال کمتر از منابع لیگنوسلولزی و میزان لیگنین آن در مقایسه با گونه‌های غیرچوبی و چوبی بسیار کم است. مواد استخراجی محلول در استون آن نسبت به کاه گندم و باگاس کمتر است و مقدار مواد محلول در آب داغ و هولوسلولز آن به‌ترتیب ۱۸و ۷۰/۳۵٪ محاسبه شد. مقدار مواد قابل حل در آب داغ آن، از گیاهان چوبی (۲

تا ۱۰٪)، بیشتر و درحد گیاهان غیرچوبی (۲/۵ تا ۳۰٪) می‌باشد [۱۳]. برابر جدول شماره ۴ مقدار هولوسلولز این گیاه، در حد گونه‌های غیرچوبی و صنوبر است. نکته منفی، میزان خاکستر زیاد آن است که این میزان بالای خاکستر را می‌توان به علت وجود بندهای زیاد در ساقه این گیاه و غیرچوبی بودن آن دانست. به‌رغم اینکه مواد معدنی موجود در ساقه برخی گیاهان غیرچوبی مانند ساقه برنج با ۱۵ الی ۲۰ درصد خاکستر [۱۴]، باعث خوردگی تجهیزات کاغذسازی می‌شوند، اما کمبود منابع لیگنوسلولزی (منابع چوبی) و مناسب بودن درصد هولوسلولز و طول الیاف این گونه‌ها باعث شود که همچنان از گونه‌های غیرچوبی پیشنهادی برای کاغذسازی باشند.

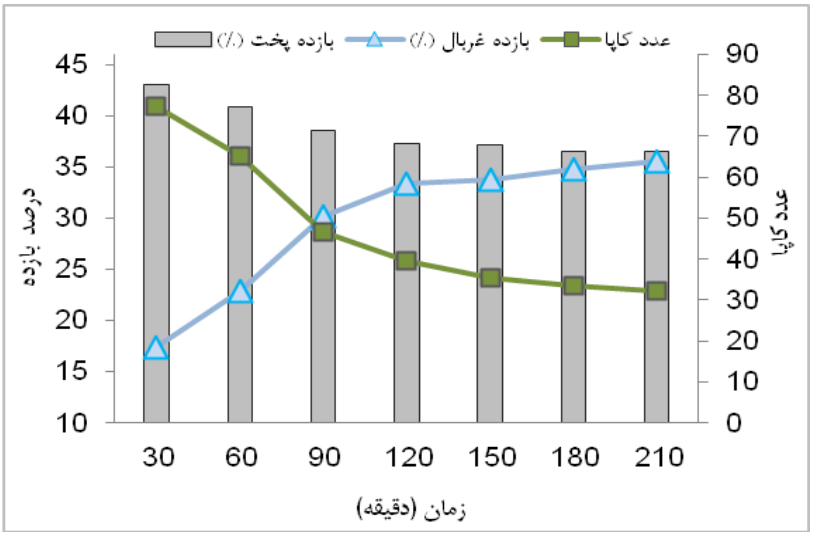
مقایسه نتایج به‌دست آمده از پخت سودای این گیاه (جدول ۵) با پخت سودای و ساقه پنبه با بازده غربال بین ۲۵/۲۳٪ تا ۲۹/۹۱٪ به ترتیب با عدد کاپای ۸۸/۸ و ۳۵/۱۱ [۱۵] نشان می‌دهد که بازده و عدد کاپای بهتری داشته و نسبت به سودا آنتراکینون کلزا، با بازده ۳۵/۳۰ و ۳۹/۳۹ به ترتیب با عدد کاپا ۲۵/۷۳ و ۲۹/۸۳ [۱۶]، قابل مقایسه بوده و نسبت به سودای باگاس [۱۷] بازده کمتری دارد. با توجه به درصد سلولز و هولوسلولز می‌توان گفت که ساقه این گیاه با درصد همی‌سلولز بالا، درصد پایین لیگنین دارد که در پخت سودا، همی‌سلولزها در همان آغاز پخت تخریب شده و وارد مایع (لیکور) پخت می‌شوند که می‌تواند یکی از دلایل اصلی کم شدن بازده این گونه باشد. لازم به یادآوری است به‌جهت بررسی استفاده صنعتی ساقه این گیاه در صنایع کاغذسازی، در این بررسی پخت ساقه‌های قسمت‌های مختلف گیاه با هم انجام شد چون در عمل جداسازی ساقه‌ها در گونه‌های غیرچوبی در حالت صنعتی امکان‌پذیر نیست. بنابراین یکی از دلایل این افت بازده می‌تواند ناشی از تفاوت در ساختار ساقه در قسمت‌های مختلف گیاه نیز باشد.

با توجه به شکل ۴، با افزایش زمان پخت، بازده غربال افزایش یافته و از میزان وازده کاسته شده و عدد کاپا تا ۳۲ کاهش یافته است ولی بازده پخت به علت متفاوت بودن ساختار ساقه در قسمت‌های مختلف گیاه، همان‌طور که در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است با افزایش زمان پخت کاهش یافته است. با توجه به نتایج به‌دست آمده در مدت زمان ۲۱۰ دقیقه پخت به لحاظ بازده و عدد کاپا برای کاغذسازی شرایط بهتری را دارد، کاغذهایی با گراماژ ۶۰ g/m^2 از این خمیر ساخته شد و مقاومت‌های آن به شرح جدول شماره ۶ می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که کاغذ به‌دست آمده از پخت سودای ساقه گیاه مارتیغال با بازده ۳۶/۵٪، عدد کاپای ۳۲ و درجه روانی ۳۸۰ دارای مقاومت‌های کمتری نسبت به کاغذ سودای ساقه کلزا با بازده ۳۶٪ و عدد کاپای ۱۶/۸ [۸] است و نسبت به کاغذ سودای به‌دست آمده از ساقه پنبه باعدد کاپا ۳۳، بازده ۳۱ و درجه روانی ۳۰۰ میلی‌لیتر [۱۵] دارای مقاومت به ترکیدن بیشتر و طول پارگی کمتری بوده است. همچنین در مقایسه با خمیر OCC با درجه روانی ۳۳۳ میلی‌لیتر (CSF) مقاومت های بیشتری دارد (جدول شماره ۶). بنابراین کاغذ به‌دست آمده از این گیاه دارای مقاومت‌های لازم است اما بازده به‌دست آمده در این بررسی پایین بوده و تنها در صورت بالا بردن بازده می‌توان این گونه را برای کاغذسازی پیشنهاد نمود.

جدول ۵- نتایج خمیر سازی سودا از ساقه مارتیغال

پخت	زمان (دقیقه)	pH لیکور	بازده پخت(%)	بازده غربال (٪)	وازده (٪)	عدد کاپا
۱	۳۰	۱۲/۶۹	۴۳/۰۶	۱۷/۴۱	۶۰/۰۷	۷۷/۳۲
۲	۶۰	۱۲/۶۶	۴۰/۹۲	۲۲/۸۸	۴۴/۰۷	۶۵/۰۱
۳	۹۰	۱۲/۶۱	۳۸/۵۲	۳۰/۲۳	۲۱/۵	۴۶/۶۵
۴	۱۲۰	۱۲/۵۷	۳۷/۲۶	۳۳/۴۲	۱۰/۲۹	۳۹/۵۲
۵	۱۵۰	۱۲	۳۷/۲۱	۳۳/۸۰	۹/۱۶	۳۵/۴۸
۶	۱۸۰	۱۲/۰۴	۳۶/۵۲	۳۴/۷۶	۴/۸۲	۳۳/۳۴
۷	۲۱۰	۱۱/۶۸	۳۶/۴۷	۳۵/۵۰	۲/۶۵	۳۲/۱۳



شکل ۴- روند تغییرات بازده و عدد کاپا تحت تاثیر زمان در دمای ثابت

جدول ۶- مقاومت‌های کاغذ به‌دست آمده از پخت سودای ساقه گیاه مارتیغال در مقایسه با کلزا، پنبه و OCC

تکرار	شاخص ترکیدن (kpa.m²/g)	شاخص کشش (Nm/g)	طول پارگی (km)
۱	۱/۷۵	۳۶/۸	۳/۷۶
۲	۱/۶۸	۳۷/۵۵	۳/۷۴
۳	۱/۸	۳۷/۱	۳/۷۷
انحراف از معیار	۰/۰۶	۰/۲۷	۰/۰۱
میانگین	۱/۷۵	۳۶/۸۲	۳/۷۶
ساقه کلزا[۷]	۲/۲۲	۶۳/۳	-
ساقه پنبه[۱۵]	۰/۷	-	۵/۳
OCC[۱۸]	۱/۲	۲۰	۲/۱

نتیجه گیری

در این تحقیق با توجه به‌اینکه مارتیغال دارای دانه‌های دارویی بوده و در حالت خودرو نیز رشد می‌کند، ویژگی‌های ریخت‌شناسی و مقدار ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های خمیر و کاغذ ساقه آن، مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که ساقه مارتیغال دارای الیاف مناسب و مشابه مواد لیگنوسلولزی غیرچوبی همچون کاه، گندم، کلزا، باگاس و چوبی مانند صنوبر است که از جمله منابع معمول مورد استفاده برای کاغذسازی هستند. تجزیه ترکیبات شیمیایی نشان داد که دارای میزان لیگنین کمتر و درصد هولوسلولز مناسبی است اما درصد سلولز آن نسبت به دیگر گونه‌های لیگنوسلولزی کمتر است. بالا بودن درصد خاکستر (همانند کاه برنج) و کم شدن بازده پخت سودا این گیاه از معایب آن است که این کاهش بازده می‌تواند به علت متفاوت بودن ساختار ساقه گیاه مارتیغال در قسمت‌های مختلف آن باشد که در حالت صنعتی قابل جداسازی نمی‌باشد و در این تحقیق نیز جداسازی نشد. نتایج خمیرسازی شیمیایی نشان داد که پخت سودا به علت پایین بودن درصد لیگنین در ساقه مارتیغال، بیشتر باعث تخریب سلولز و به خصوص همی‌سلولز شده است که این تخریب در مدت زمان های زیاد پخت بیشتر به ساقه‌هایی که ساختار ضعیف‌تری دارند، مربوط می‌باشد. درصد بیشتر میزان وازده در مدت زمان‌های کم پخت از ساقه‌های با ساختار متراکم ناشی

می‌شود که بازده غربال را کاهش داده است. همچنین مقادیر زیاد همی‌سلولز برابر تجزیه شیمیایی انجام شده می‌تواند علت این کاهش بازده باشد چون همی‌سلولزها در همان آغاز پخت تخریب می‌شوند. لذا برای افزایش بازده می‌توان روش‌های پخت شیمیایی- مکانیکی را پیشنهاد نمود تا بازده بیشتری داشته باشد. نتایج به‌دست آمده از مقاومت‌های کاغذ به‌دست آمده نیز نشان داد که قابل رقابت با گونه‌های غیرچوبی است و با توجه به مقاومت‌های بیشتر آن نسبت به OCC، می‌تواند به صورت اختلاطی همراه با OCC در ساخت کاغذ کنگره‌ای نیز استفاده شود. لذا برای استفاده از این گیاه در کاغذسازی، با توجه به نتایج به‌دست آمده نسبت به گونه‌های دیگر در اولویت بعدی قرار می‌گیرد.

مراجع

[1] Resalati., H., 2001. Sustainable development of resources and pulp and paper industry, Second International Conference of Forest and Industry, 1: 419-432. (In Persian).

[2] Patt., R., Kordsachia, O., and Fehr, J., 2006. European Hardwoods versus *Eucalyptus globulusas* as a raw material for pulping, Wood Science and Technology, 40: 39–48.

[3] Falah Hosseini, H., and Zareei Mahmoudabadi, A.B., Babaei Zarch, A., and Heshmatm, R. 2004. The Effect of herbal medicine *Silybum Marianum* (L.) Gaertn. seed extract on Galactose induced Cataract formation in Rat, Medicinal Plants, 3(12): 58-62. (In Persian).

[4] Ebdali mashhadi, A.R., and Fathi, G.H., 2002. Effects of different levels of density on yield and oil grain of medical plant *Silybum Marianum* in Ahwaz conditions, Research and development, 15(1): 28-32. (In Persian).

[5] Batoli, H. 2005. *Silybum Marianum* Herb Farming Capabilities in Kashan, *National Conference on Sustainable Development of Medicinal Plants*. Mashhad (In Persian).

[6] Rajabian, T., Karami, M., Rasouli, I., Falah Hosseini, H., and Zar pak, B. 2005. Effect of Silimarin, the Seed Extract of Cultivated and Endemic *Silybum Marianum* (L) Gaertn on Serum Lipid Levels and Atherosclerosis Development in Hypercholesterolemic Rabbits, Journal of Medicinal Plants, 4:33-41 (In Persian).

[7] Kamrani, S., Sarayan, A.R and Akbarpour, I., 2010. Studying from the Properties of Chemi-Mechanical Pulping and Alkaline Peroxide Mechanical Pulping of Wheat Straw Golestan province, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research Vol. 25 No. (1): 37-47 (In Persian).

[8] Mollaee, M., Enayati, A., Hamzeh, Y., and Roostaee, M., Preparation of Bleached Soda Pulp from Canola Stalks, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 25(1): 80-90. (In Persian).

[9] Sanjuan, R., Anzaldo, J., Vargas, J., Turrado, J., and Patt, R., 2001. Morphological and chemical composition of pith and fibers from Mexican sugarcane bagasse. Holzals Rohund Werkstoff, 59: 447-450.

[10] Ververis, C., Georghiou, K., Christodoulakis, N., Stantas, P., and Stantas, R., 2004., Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production, Industrial Crops and Products, 19: 245-254.

[11] Robert, W., Hurter, P. and Eng., M.B.A., 2001. Extracted from "Agricultural Residues", TAPPI 1997 Nonwood Fibers Short Course Notes.

[12] Enayati, A., Yahya, H., Mirshokraie, A., and Molaii, M., 2009. Papermaking potential of canola stalks, Bioresources, 4(1): 245-256.

[13] Rowell, R.M., and Rowell, J., 2002. Paper and composites from agro-based resources, Translated by Faezipour, M., Kabeurani, A., Parsapajouh, D. first Printing, Tehran University Press, 573 p (In Persian).

[14] Hemmasi, A.H. and Pirouz, M.M., 2006. Study of Anatomical and Chemical Properties of Colza Straw, Agricultural Sciences, Islamic Azad University, 3: 647-657 (In Persian).

[15] Ali, M., Byrd, M. and Jameel, H. 2001. Soda-AQ Pulpingof cotton stalks. Presented at TAPPI Fall Technical Conference.

[16] Mousavi, S.M.M., Mahdavi, S., Hosseini, S.Z., Resalati, H. and Yosefi, H., 2009. Investigation on Soda-Anthraquinone Pulping of Rapeseed Straw, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 24 (1): 69-79 (In Persian).

[17] Hamzeh, Y., Abyaz, A., Mirfatahi, S., and Abdulkhani, A., 2009. Application of Surfactants as Pulping Additives in Soda Pulping of Bagasse, Bioresources, 4(4): 1267-1275.

[18] Sarkhosh Rahmani, F. and Talaeipoor, M., 2011. Study on production of fluting paper from wheat straw soda – AQ pulp and OCC pulp blends, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26 (2): 387-397 (In Persian).

Investigation on anatomical, chemical and pulping characteristics of *Silybum marianum* stem

Abstract

To study the possibility of using plant *Silybum marianum* in paper industry, its stem yield potential, chemical properties, fiber indices and pulping was evaluated. Mean value of fiber length and diameter of *Silybum marianum*stem harvested in early June, were calculated 178 and 3.5 cm, respectively. Dry weight of whole stem determined 4710 kg per hectar. Mean value of fiber length, diameter, cavity diameter and wall thickness were obtained 1194, 16.06, 9.06, and 3.66 μm, respectively. Raunkel, flexibility, and slenderness ratios of its fibers were determined 80.83, 56.39, and 74.37, respectively. Results of chemical analysis showed that the stem comprises %70.35 holocellulose, %39.25 cellulose, %13.13 lignin, %3.09 acetone-soluble, %18 hot water-soluble extractives, and %11/85 ash. Soda pulp was obtained at 165 °C pulping time, 25% alkaline and 10:1 ratio of liquor to chips. Results of pulping showed that with increasing of pulping time from 30 to 210 minutes, the kappa number and yield decreased from 77.32 to 32.13 and 43.6 to 36.5, respectively; whereas accepted pulp yield (passed from 20 mesh) increased from 17.4 to 35.5% paper made of pulp with kappa number 32 had 36.82 Nm/g tensile index, 3.76 km breaking length and 1.75 Kpa.m^2/g burst strength. In general, achieved results have shown that the present studied species could be regarded more for papermaking because of the suitable fiber biometrical and chemical properties as compared to other non-woody plants.

Key word: *Silybum marianum*, Yield potential, Chemical characteristics, Tensile index, Breaking length, Burst strength

R. yadollahi[1*]
M. Dehghani Firouzabadi[2]

[1]M.Sc. Wood and Paper Science & Technology, University of Tehran

[2]Associated Professor, Pulp and paper technology of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Corresponding author:
Yadollahi_rahim@ut.ac.ir

Received: 2011.10.30
Accepted: 2013.04.08