

## بررسی زیست سنجی الیاف و ترکیبات شیمیایی پوست و ساقه بدون پوست پنبه رقم ساحل

احمدرضا سرائیان<sup>۱</sup>، حسین شوب چاری<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> استادیار علوم و تکنولوژی خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### چکیده

به منظور تعیین ابعاد الیاف، ویژگی های فیزیکی و ترکیبات شیمیایی پوست و ساقه بدون پوست پنبه رقم ساحل نمونه های مورد نظر تهیه و مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف ساقه پنبه بدون پوست نسبت به الیاف پوست بیشتر بود، در حالی که پوست الیاف بلندتری داشت. با توجه به نتایج بدست آمده می توان گفت که الیاف ساقه پنبه بدون پوست و پوست به ترتیب در ردیف الیاف کوتاه و متوسط قرار می گیرند. ضرایب درهم رفتگی و نسبت رانکل در الیاف پوست بیشتر بودند در حالی که ضریب انعطاف پذیری در الیاف ساقه پنبه بدون پوست بیشتر از الیاف پوست بود. ضمن اینکه با افزایش قطر ساقه پنبه میزان پوست نسبت به ساقه آن کاهش می یابد. ساقه های با قطر زیادتر در مقایسه با ساقه های کم قطرتر، چگالی خشک بیشتر و همکشیدگی و واکشیدگی حجمی بیشتری داشتند، اما چگالی بحرانی و ظاهری همراه با میزان تخلخل در ساقه های کم قطرتر بیشتر بود. میزان ترکیبات شیمیایی پوست و ساقه بدون پوست این رقم به ترتیب به شرح زیر تعیین شدند: سلولز ۳۹/۲۷٪ و ۴۸/۳۸٪، لیگنین ۲۳/۹۳٪ و ۲۱/۸۹٪، مواد استخراجی ۶/۰۶٪ و ۳/۲۳٪، میزان خاکستر ۶/۳۶٪ و ۱/۸۵٪، مواد قابل حل در سود سوزآور یک درصد ۴۸/۳۵٪ و ۲۱/۲۷۵٪ و مواد قابل حل در آب داغ ۱۹/۴۸٪ و ۹/۶۸٪. اگرچه ساقه پنبه بدون پوست از لحاظ ویژگی های شیمیایی برای خمیرسازی نسبت به پوست آن مطلوب تر است اما پوست از جنبه بلندی الیاف برتر می باشد.

**واژه های کلیدی:** ساقه پنبه رقم ساحل، پوست، ساقه بدون پوست، ترکیبات شیمیایی

## مقدمه

از آنجائیکه ماده خام چوبی داخلی مورد نیاز برای صنایع کاغذ کشور در حال کاهش و پاسخ گوی نیازهای روزافزون نمی باشد، و از طرفی استفاده بیشینه از منابع اولیه غیرچوبی سلولزی موجود، عاملی در جهت تحقق هدف‌های توسعه پایدار می باشد. بنابراین لازم است تا در مورد انواع مواد خام داخلی مناسب برای این صنعت بررسی‌های لازم به عمل آید [۳]. در صورت استفاده بهینه از پسماندهای منابع و تولیدات کشاورزی در صنایع چوب و کاغذ می توان، از یک طرف مانع تخریب بی رویه جنگل ها شد و از طرف دیگر امیدوار به وجود منابعی جایگزین چوب به عنوان مواد اولیه تأمین کننده صنایع داخلی بود و این به دلیل قابلیت تجدید شونده‌گی سریع این منابع است. یکی از پسماندهای کشاورزی که می تواند ماده اولیه به تقریب مناسبی برای تهیه خمیر و کاغذ به شمار آید در کشور ما ساقه پنبه می باشد که با توجه به سطح زیر کشت و میزان تولید آن توان و قابلیت قابل ملاحظه‌ای دارد [۱۰].

پنبه دارای چند گونه زراعی می باشد و به نظر می رسد منشأ اولیه آنها آفریقای استوایی باشد. در ظاهر دو گونه دیپلوئید (2n = 26) گوسپیوم آربوریوم<sup>۱</sup> و گوسپیوم هرباسیوم<sup>۲</sup> در اسیوی و مناطق عرب نشین بوجود آمده اند. دو گونه زراعی جدید پنبه جهان، شامل گوسپیوم هیرسوتوم<sup>۳</sup> که بنام پنبه آبلند<sup>۴</sup> شناخته می شود، در آمریکای مرکزی و مکزیک و گوسپیوم باربادنزه<sup>۵</sup> که بنام پنبه پی ما<sup>۶</sup> شناخته می شود در آمریکای جنوبی حاصل شده است. چین، آمریکا، هند، پاکستان، و ازبکستان مهم‌ترین تولید کنندگان پنبه در جهان به شمار می روند. تولید پنبه در ایران بیشینه زیادی دارد، بر پایه گزارش سازمان خوار و بار و کشاورزی (فائو) در سال ۲۰۰۰ سطح

زیر کشت پنبه در ایران حدود ۲۴۰۰۰۰ هکتار بوده است. استان های گلستان، خراسان، فارس و اردبیل مهم‌ترین تولید کنندگان پنبه آبی و استان های گلستان، مازندران و خراسان مهم‌ترین تولید کنندگان پنبه دیم در ایران به شمار می‌روند. پنبه گیاهی است با طبیعت چند ساله از جنس گوسپیوم و تیره پنیرک<sup>۷</sup> که بصورت گیاهی یک ساله زراعت می‌شود. در بسیاری از ارقام بوته پنبه بصورت نیمه درختچه ای کوچک به ارتفاع ۶۰ تا ۲۰۰ سانتیمتر و اغلب به ریخت کروی رشد می کند. طول دوره رشد گیاه بسته به رقم و شرایط محیطی از ۱۳۰ تا ۲۰۰ روز متغیر است. پنبه در همه نواحی گرم جهان در محدوده عرض جغرافیایی حدود ۳۲ درجه جنوبی در استرالیا تا ۴۷ درجه شمالی در اوکراین کشت می شود. در ایران، در نواحی با زمستان ملایم تا کمی سرد و نیز در بعضی نواحی با زمستان نیمه سرد و از ارتفاع صفر تا کمتر از ۱۷۰۰ متر از سطح دریا کشت می شود [۵].

بیشتر ارقامی که امروزه در جهان کاشته می شود به گونه گوسپیوم هیرسوتوم تعلق دارند. در ایران ارقام مختلفی از پنبه کشت می شوند، رقم ورامین که بیشترین سطح زیر کشت پنبه کشور (۴۰٪) را به خود اختصاص داده است و ارتفاع بوته آن به ۱۲۰ سانتیمتر می رسد. رقم ساحل که بطور گسترده در گلستان و مازندران کشت می شود و ارتفاع بوته آن به ۱۱۰ تا ۱۳۰ سانتیمتر می رسد. و ارقام دیگر که شامل آکالا، کرکر و لایتینگ اکسپرس (در ورامین، گلستان و مازندران) و رقم تاربلند دلتا پاین ۱۶ (در خوزستان و جیرفت) می باشند [۵]. رقم پنبه ساحل که در استانهای گلستان و مازندران کشت می شود، از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ بطور میانگین حدود ۲۰٪ سطح زیر کشت پنبه کشور را به خود اختصاص داده است. میزان ماده خشک تولید شده از ساقه پنبه ۱۹۵۰۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شده است [۱۰].

شکوئی (۱۳۷۶) طول الیاف، قطر کلی، قطر حفره و ضخامت دیواره سلولی ساقه پنبه منطقه گرگان را به ترتیب ۹۱۵/۶۲، ۲۸/۲۷، ۲۲/۳۱، ۳/۱۸ میکرون، میزان سلولز، لیگنین، خاکستر آن را به ترتیب ۵۳/۵٪،

<sup>1</sup> Gossypium Herbaceum

<sup>2</sup> Gossypium. Hirsutum

<sup>3</sup> Upland Cotton

<sup>4</sup> Gossypium. Barbadense

<sup>5</sup> Gossypium barbadense

<sup>6</sup> Pima Cotton

<sup>7</sup> Malvaceae

۳/۵٪ گزارش کردند آنان همچنین ساقه پنبه را برای تولید کاغذهای چاپ و تحریر و به صورت مخلوط با خمیرچوب های متداول برای تولید کاغذهای مختلف مناسب و مطلوب دانستند [۱۲].

هدف از اجرای این تحقیق بررسی ابعاد الیاف و ویژگی‌های فیزیکی و ترکیبات شیمیایی و نیز تعیین ضرایب کاغذسازی ساقه پنبه رقم ساحل در دو بخش پوست و ساقه بدون پوست<sup>۱</sup> و مقایسه این ویژگی ها با سایر منابع لیگنوسلولزی می باشد زیرا در هیچ کدام از منابع مورد بررسی، ابعاد الیاف و ترکیبات شیمیایی پوست و ساقه بدون پوست پنبه بصورت جداگانه بررسی نشده اند.

## مواد و روش ها

### تهیه نمونه ها

نمونه برداری ساقه های پنبه، از مزرعه ای در نزدیکی شهرستان بابل، انجام گرفت. ساقه ها در سه گروه با قطرهای مختلف (کم، متوسط، زیاد) جمع آوری شده و از هر گروه، سه نمونه بصورت تصادفی انتخاب شدند. برای اندازه گیری ابعاد الیاف نمونه ها از دو بخش پوست و ساقه پنبه بدون پوست و از دو قسمت مختلف ساقه آنهم به فاصله حدود ۳۰ سانتیمتر از انتهای ساقه (قسمت بالای ساقه) و حدود ۵ سانتیمتری بالای یقه (پایین ترین بخش ساقه) با ابزار دستی (قیچی باغبانی و مغار) جداسازی و تهیه شدند. سپس الیاف پوست و ساقه پنبه بدون پوست به صورت جداگانه با روش فرانکلین<sup>۲</sup> (۱۹۵۴) [۴] جدا سازی شدند. مشخصه‌های مورد نظر مانند طول، قطر کلی، قطر حفره سلولی، و ضخامت دیواره الیاف توسط میکروسکوپ نوری با صفحه مدرج اندازه گیری شد. برای هر بخش (مانند پوست ناحیه بالا) ابعاد ۵۰ الیاف اندازه گیری و میانگین آنها محاسبه شد. همچنین اندازه گیری وزن مخصوص ساقه پنبه (ساقه‌های با پوست) با روش ارشمیدس انجام شد.

۲۷/۳۳٪، ۱/۲٪، مواد قابل حل در سود سوزآور یک درصد، آب داغ و الکل - استن را نیز به ترتیب ۲۱/۱۷٪، ۵٪ و ۸/۶۷٪، همچنین میزان پوست ساقه پنبه را ۲۶٪ و چگالی خشک و بحرانی را به ترتیب ۰/۴۱ و ۰/۳۸ گرم بر سانتیمتر مکعب اعلام نموده است [۱۱].

صالحی و همکاران (۱۳۸۳) میانگین طول الیاف پنبه رقم ورامین را در سه ناحیه یقه، ۵۰٪ و ۷۵٪ طول ساقه، ۸۴۰ میکرون و میانگین قطر کلی، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره آنها را به ترتیب ۲۳/۹، ۱۶/۱۱، ۳/۹ میکرون اندازه گیری کردند. آنها همچنین چگالی خشک و بحرانی ساقه پنبه ورامین را به ترتیب ۰/۴۴ و ۰/۴۰ گرم بر سانتیمتر مکعب و میزان درصد مواد شیمیایی آنرا برای سلولز ۵۲٪، لیگنین ۲۹/۹٪، خاکستر ۱/۴٪ و مواد استخراجی ۶/۸٪ اعلام کردند [۹].

امیری (۱۳۸۴) طول الیاف ساقه پنبه منطقه سرخنکلاته شهرستان گرگان، قطر کلی الیاف، قطر حفره سلولی، و ضخامت دیواره سلولی آنها را به ترتیب ۸۳۹، ۲۴/۴۷، ۱۶/۴۳ و ۴/۰۲ میکرون و ترکیبات شیمیایی ساقه پنبه را برای سلولز، لیگنین، و مواد استخراجی محلول در الکل - استن به ترتیب ۴۷/۸۳، ۲۱/۶۶، ۲/۸۳ و ۲/۱۳ درصد گزارش نموده است [۳].

علی و همکاران (۲۰۰۱ و ۲۰۰۲) با بررسی ترکیبات شیمیایی ساقه های پنبه آمریکایی و مصری به این نتیجه رسیدند که میزان سلولز ۴۲/۲۲٪ و ۴۸/۸۳٪، لیگنین ۲۶/۹۴٪ و ۲۲/۵۰٪، خاکستر ۱/۱۲٪ و ۱/۸۴٪، مواد قابل حل در سود سوزآور یک درصد ۴۰/۶۴٪ و ۳۹/۶۰٪، مواد قابل حل در آب داغ ۱۴/۲۳٪ و ۱۰/۷۷٪، مواد استخراجی محلول در الکل - بنزن را ۳/۰۳٪ و ۲/۹۳٪ و میزان پوست آن را ۳۳/۵۳٪ و ۳۰/۸۱٪ به ترتیب اعلام کردند [۱ و ۲]. وروریس و همکاران (۲۰۰۴) طول الیاف، قطر کلی الیاف، قطر حفره و ضخامت دیواره سلولی الیاف ساقه پنبه یونانی را به ترتیب ۰/۸ ± ۰/۸۳ میلیمتر، ۱۹/۶، ۲/۹ ± ۱۲/۸، و ۰/۷ ± ۳/۴ میکرون و ضرایب درهم رفتگی، انعطاف پذیری و مقاومت به پارگی را به ترتیب ۴۲/۳، ۶۵/۳، ۵۰ درصد و آلفا سلولز، لیگنین کلاسون و خاکستر کل ساقه پنبه را به ترتیب ۴۳/۸٪، ۱۷/۶٪،

<sup>1</sup> Bast and Core

<sup>2</sup> Franklin

در آون در دمای  $2 \pm 103$  درجه سلسیوس دوباره توزین شده و به صورت وزنی درصد پوست و ساقه پنبه بدون پوست محاسبه شدند.

**اندازه گیری ویژگی های ترکیبات شیمیایی ساقه پنبه**  
اندازه گیری ترکیبات شیمیایی پوست و ساقه پنبه بدون پوست براساس استاندارد تاپی<sup>۱</sup> انجام شد. تهیه آرد چوب، مواد قابل حل در سود سوزآور یک درصد، مواد قابل حل در آب داغ، تهیه پودر بدون مواد استخراجی، اندازه گیری لیگنین، مواد استخراجی محلول در الکل- تولوئن و اندازه گیری میزان خاکستر به ترتیب برابر با شیوه نامه های  $0.2-T_{212} om$ ،  $99-T_{207} cm$ ،  $0.2-T_{257} cm$ ،  $97-T_{264} cm$ ،  $0.2-T_{222} om$ ،  $97-T_{204} cm$  و  $0.2-T_{211} om$  و نیز اندازه گیری سلولز با روش اسید نیتریک انجام شد.

### روش آماری

در این تحقیق برای ویژگی های فیزیکی و ترکیبات شیمیایی میانگین داده ها محاسبه شده است و برای مقایسه میانگین ابعاد الیاف و ضرایب زیست سنجی از آزمون  $t$  و با استفاده از نرم افزار SAS انجام شده است.

### نتایج و بحث

#### ابعاد الیاف

#### طول الیاف

میانگین طول الیاف ساقه پنبه بدون پوست و پوست ساقه پنبه ساحل برای قسمت بالا و قسمت پایین اندازه گیری شدند (جدول ۱). مقایسه میانگین های بدست آمده از طول الیاف با آزمون  $t$  نشان داد که، بین میانگین طول الیاف پوست و ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین در سطح ۱٪ اختلاف معنی داری وجود دارد، و بین میانگین طول الیاف پوست و ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالا با یکدیگر، و الیاف پوست قسمت بالا و پایین با یکدیگر در سطح ۱٪ و بین الیاف ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالا

### محاسبه ضرایب بیومتریکی

با استفاده از طول، قطر کلی، قطر حفره سلولی، و ضخامت دیواره الیاف و با استفاده از فرمول های زیر ضرایب زیست سنجی برای الیاف هر قسمت از ساقه ها محاسبه شدند [۴].

رابطه (۱)- ضریب درهم رفتگی ( $L/D$ )

رابطه (۲)- ضریب انعطاف پذیری  $(C/D) \times 100$

رابطه (۳)- ضریب مقاومت به پارگی  $(2P/C) \times 100$

( $L$ : طول الیاف،  $C$ : قطر حفره سلولی،  $D$ : قطر کلی

الیاف،  $P$ : ضخامت دیواره الیاف)

### اندازه گیری چگالی خشک و بحرانی

برای این منظور حجم اولیه اشباع و خشک و وزن اولیه و خشک نمونه ها با روش ارشمیدس اندازه گیری شدند. چگالی خشک و بحرانی، همکشیدگی و واکشیدگی حجمی و میزان تخلخل بر پایه فرمول های زیر محاسبه شد [۷]:

$$C = (1 - 0.67 D_0) \times 100$$

$$D_0 = \frac{M_0}{V_0}$$

$$\beta = \frac{V_{\max} - V_0}{V_0}$$

$$\alpha = \frac{V_{\max} - V_0}{V_{\max}}$$

$$D_b = \frac{M_0}{V_{\max}}$$

2-Franklin

$M_0$  = جرم به کلی خشک،  $D_b$  = چگالی بحرانی،  $C$  =

درصد تخلخل،  $V_0$  = حجم در حالت به کلی خشک  $\beta$  =

درصد همکشیدگی حجمی،  $D_0$  = چگالی خشک،  $\alpha$  =

درصد واکشیدگی حجمی،  $V_{\max}$  = حجم در حالت به

کلی اشباع)

### اندازه گیری درصد پوست ساقه پنبه

نمونه های کم قطر و قطر ساقه پنبه به ترتیب با میانگین قطر ناحیه یقه  $14/62$  و  $22/7$  میلیمتر به دقت پوست کنی شدند و پوست و ساقه پنبه بدون پوست به صورت جداگانه توزین شده و پس از  $24$  ساعت نگهداری

<sup>1</sup> TAPPI (Technical Association of Pulp and Paper Industries)

متوسط قرار می گیرند. الیاف پوست ساقه پنبه ساحل در هر دو قسمت (بالا و پایین) بلندتر از الیاف ساقه پنبه بدون پوست می باشد و طول الیاف ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین بیشتر از قسمت بالا بوده درحالی که طول الیاف پوست عکس این حالت می باشند (جدول ۱).

و پایین در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری وجود دارد. همچنین طول الیاف ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین با نتایج صالحی و همکاران (۱۳۸۳) و روبرت و همکاران (۱۹۹۷) همخوانی دارد. بر پایه تقسیم بندی حسینی (۱۳۷۹)، الیاف ساقه پنبه بدون پوست و پوست ساقه پنبه ساحل، به ترتیب در ردیف الیاف کوتاه و الیاف

جدول ۱- میانگین ابعاد الیاف پوست و ساقه پنبه بدون پوست ساحل

الیاف	طول الیاف (L) (mm)	قطر الیاف (D) ( $\mu\text{m}$ )	قطر حفره (C) ( $\mu\text{m}$ )	ضخامت دیواره (P) ( $\mu\text{m}$ )
ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالا	۰/۶۷	۲۴/۳۰	۱۸/۸۲	۲/۷۱
پوست قسمت بالا	۱/۶۳	۱۶/۷۳	۱۲/۲۲	۲/۳۳
ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین	۰/۸۵	۱۸/۶۹	۱۳/۱۸	۲/۷۸
پوست قسمت پایین	۱/۱۹	۱۷/۸۵	۸/۵۷	۴/۸۰

بندی حسینی (۱۳۷۹) الیاف بخش های مختلف ساقه پنبه در ردیف الیاف با دیواره بسیار نازک قرار می گیرند. همچنین قطر کلی و قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف ساقه پنبه بدون پوست در قسمت بالا بیشتر از پوست آن می باشد (جدول ۱).

#### قطر کلی، قطر حفره و ضخامت دیواره الیاف

با مقایسه میانگین های حاصل از قطر کلی، قطر حفره و ضخامت دیواره الیاف با آزمون t نشان داد که، بین الیاف پوست و ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالا در سطح ۱٪ و بین الیاف ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالا و قسمت پایین در سطح ۱٪ اختلاف معنی داری وجود دارد. و بین میانگین ضخامت دیواره الیاف پوست و ساقه پنبه بدون پوست در قسمت پایین در سطح ۱٪ و ضخامت دیواره الیاف پوست و ساقه پنبه بدون پوست پایین در سطح ۵٪ و ضخامت دیواره الیاف پوست قسمت بالا و پایین در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری وجود دارد. قطر کلی الیاف قسمت بالای ساقه پنبه ساحل با نتایج مطابقت امیری (۱۳۸۴) همخوانی دارد. روبرت (۱۹۹۷) میانگین قطر الیاف ساقه پنبه را ۱۹ میکرون اعلام داشت [۸] که با الیاف ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین ساقه پنبه ساحل نزدیک می باشد. قطر کلی الیاف ساقه پنبه بدون پوست در قسمت بالا با قطر کلی الیاف ساقه پنبه بدون پوست ساقه پنبه ورامین (صالحی و همکاران، ۱۳۸۳) همخوانی دارد. الیاف پوست و ساقه پنبه بدون پوست ساحل نسبت به الیاف سوزنی برگان و پهن برگان (روبرت، ۱۹۹۷) دارای قطر کلی کمتری می باشند. بر پایه تقسیم

#### ضرایب زیست سنجی ( کاغذ سازی)

##### ضریب درهم رفتگی

بطور کلی الیاف پوست ساقه پنبه دارای ضریب درهم رفتگی بیشتری نسبت به الیاف ساقه پنبه بدون پوست آن است. میزان این ضریب در پوست قسمت بالا نسبت به قسمت پایین آن بیشتر است در حالی که میزان ضریب مربوط به ساقه پنبه بدون پوست در قسمت پایین بیشتر از قسمت بالای آن می باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین های بدست آمده از ضرایب درهم رفتگی با آزمون t نشان داد که، بین میانگین ضریب درهم رفتگی الیاف پوست و ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالای ساقه پنبه با یکدیگر، و پوست و ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین با یکدیگر در سطح ۱٪ اختلاف معنی داری وجود دارد. و بین الیاف ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالا و پایین

می‌باشند. ضریب انعطاف پذیری الیاف ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالا بیشتر از ضریب انعطاف پذیری سوزنی برگان ۷۵٪ (وروریس و همکاران، ۲۰۰۴) است و ضریب انعطاف پذیری الیاف پوست قسمت بالا حد واسط ضریب مربوط به سوزنی برگان و پهن برگان می‌باشد، و ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین با مقادیر مربوط به پهن برگان (۷۰-۵۵٪، وروریس و همکاران ۲۰۰۴) همخوانی دارد و نیز پوست قسمت پایین به ضریب مربوط به پهن برگان نزدیک است. صالحی و همکاران (۱۳۸۳) ضریب انعطاف پذیری ساقه پنبه ورامین را ۶۷/۴٪ بیان نمودند که تنها از ضریب مربوط به پوست قسمت پایین بیشتر بوده و از دیگر قسمت‌ها کمتر می‌باشد. امیری (۱۳۸۴) ضریب انعطاف پذیری ساقه پنبه را  $۱/۵۳ \pm ۶۷/۱۴$  گزارش کرد که بجزء از ضریب مربوط به الیاف پوست قسمت پایین از دیگر قسمت‌ها کمتر است. وروریس و همکاران (۲۰۰۳) ضریب انعطاف پذیری الیاف ساقه پنبه را ۶۵/۳٪ بیان نمودند که تنها از مقدار مربوط به الیاف پوست قسمت پایین بیشتر بوده و از بقیه قسمت‌ها کمتر می‌باشد.

#### ضریب مقاومت به پارگی

ضریب مقاومت به پارگی الیاف پوست بیشتر از الیاف ساقه پنبه بدون پوست می‌باشد و علاوه بر آن، ضریب مقاومت به پارگی الیاف در قسمت پایین بیشتر از به قسمت بالا می‌باشد (جدول ۲). ضریب مقاومت به پارگی الیاف ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین ساقه پنبه ساحل با نتایج بدست آمده از شکوئی (۱۳۷۶) همخوانی دارد. مقایسه میانگین‌های بدست آمده برای ضرایب مقاومت به پارگی با آزمون t نشان داد که، بین الیاف پوست و ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالای ساقه پنبه در سطح ۱٪ و بین ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالا و پایین ساقه پنبه در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد. و بین میانگین ضریب مقاومت به پارگی پوست و ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین ساقه پنبه با یکدیگر، پوست قسمت بالا و پایین ساقه پنبه در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد. ضریب

ساقه پنبه در سطح ۵٪ و بین پوست قسمت بالا و پایین ساقه پنبه در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد. ضریب درهم رفتگی الیاف پوست در قسمت‌های بالا و پایین به ترتیب با مقادیر مربوطه به سوزنی برگان (۱۲۰-۹۵) و پهن برگان (۷۵-۵۵) (روبرت، ۱۹۹۷) همخوانی دارد. به نظر می‌رسد که وجود الیاف پوست که ضریب درهم رفتگی بالاتری دارند می‌تواند تا حدی پایین بودن این ضریب در ساقه پنبه بدون پوست را جبران کند و در نهایت مقاومت مکانیکی کاغذ حاصله را افزایش دهد. ضریب درهم رفتگی الیاف ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالای ساقه پنبه با میزان گزارش شده توسط شکوئی (۱۳۷۶) همخوانی داشته و با نتایج امیری (۱۳۸۴) هم‌مانندی دارد. وروریس و همکاران (۲۰۰۳) ضریب درهم رفتگی الیاف ساقه پنبه ساحل دارای ضریب درهم رفتگی کمتری بوده و به الیاف ساقه پنبه بدون پوست آن نزدیک می‌باشد.

#### ضریب انعطاف پذیری

ساقه پنبه بدون پوست نسبت به پوست آن و قسمت بالای ساقه نسبت به قسمت پایین آن ضریب انعطاف پذیری بیشتری دارد (جدول ۲). الیاف پوست و ساقه پنبه بدون پوست ساحل (به استثنای پوست قسمت پایین) نسبت به الیاف ساقه پنبه بدون پوست ورامین (صالحی و همکاران، ۱۳۸۳) و نتایج امیری (۱۳۸۴) و همچنین وروریس و همکاران (۲۰۰۳) ضریب انعطاف پذیری بیشتری دارد. مقایسه میانگین‌های بدست آمده از ضریب انعطاف پذیری با آزمون t نشان داد که، بین میانگین ضریب انعطاف پذیری پوست و ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالای ساقه پنبه در سطح ۵٪ و بین ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالا و پایین ساقه پنبه در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد، در حالی که برای پوست و ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین با یکدیگر، و پوست قسمت بالا و پایین ساقه پنبه با یکدیگر در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در مجموع الیاف ساقه پنبه ساحل دارای ضریب انعطاف پذیری مطلوبی

الیاف ساقه پنبه را ۲/۲۹٪ اعلام نمود که به تقریب با میزان بدست آمده از ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین پنبه ساحل همخوانی دارد. امیری (۱۳۸۴) ضریب مقاومت به پارگی الیاف ساقه پنبه را  $۱/۲۲ \pm ۴۸/۹۳$  گزارش کرد که تنها با میزان بدست آمده برای الیاف ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین پنبه ساحل همانند است. وروریس و همکاران (۲۰۰۳) ضریب مقاومت به پارگی الیاف ساقه پنبه را ۵۰٪ بیان نمودند [۱۲] که به میزان مربوط به ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین نزدیک می باشد.

مقاومت به پارگی ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین با مقادیر مربوط به پهن برگان (۳۵٪) (وروریس و همکاران، ۲۰۰۴) مطابقت دارد، در حالی که ضریب مقاومت به پارگی الیاف پوست قسمت بالا بیشتر از مقادیر مربوط به پهن برگان می باشند. و ضریب مقاومت به پارگی پوست قسمت پایین بسیار زیاد است و خیلی بیشتر از مقادیر پهن برگان و سوزنی برگان (۷۰٪ - ۴۰) (وروریس و همکاران، ۲۰۰۴) می باشد. به نظر می رسد که کاغذ حاصل از پوست و ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین می تواند ضریب مقاومت به پارگی بیشتری داشته باشد. شکوئی (۱۳۷۶) ضریب مقاومت به پارگی

جدول ۲- میانگین ضرایب زیست سنجی الیاف پوست و ساقه پنبه بدون پوست ساحل

الیاف	ضریب درهم رفتگی	ضریب انعطاف پذیری	ضریب مقاومت به پارگی
ساقه پنبه بدون پوست قسمت بالا	۲۷/۶۱	۷۷/۴۵	۲۸/۷۹
پوست قسمت بالا	۹۷/۶۱	۷۳/۰۴	۳۸/۱۳
ساقه پنبه بدون پوست قسمت پایین	۴۵/۷۵	۷۰/۵۲	۴۲/۱۸
پوست قسمت پایین	۶۶/۷۲	۴۸/۱۷	۱۱۱/۶۴

### ویژگیهای فیزیکی ساقه پنبه

#### میزان پوست ساقه پنبه

میزان پوست در ساقه های پنبه کم قطر و قطور به ترتیب ۲۷/۰۴٪ و ۲۳/۹٪ می باشد، که در مقایسه با درختان میزان پوست خیلی بیشتر می باشد. میزان پوست ساقه پنبه ساحل نزدیک به مقادیر پوست اندازه گیری شده توسط شکوئی (۱۹۹۷) و امیری (۱۳۸۴) بوده، اما نسبت به ساقه های پنبه مصری و آمریکایی (علی و همکاران، ۲۰۰۱) کمتر است. میانگین درصد پوست ساقه های پنبه ساحل حدود ۲۵/۴۷٪ می باشد و با توجه به اینکه ۲۵٪ وزن ساقه پنبه را پوست تشکیل می دهد و بخاطر فیبری بودن آن حفظ پوست و حذف نکردن آن در فرآیندهای خمیرسازی به دلیل از دست ندادن بخش زیادی از ماده اولیه امری ضروری به نظر می رسد.

### چگالی و درصد همکشیدگی و واکشیدگی حجمی ساقه پنبه

میانگین چگالی خشک، بحرانی و ظاهری و میزان تخلخل برای نمونه های قطور ساقه پنبه به ترتیب ۰/۵۲۳، ۰/۴۴۴، ۰/۵۷۲، گرم بر سانتیمترمکعب و ۰/۶۴/۸۴٪ و برای نمونه های کم قطر به ترتیب ۰/۵۱۹، ۰/۴۷۳، ۰/۵۹۲، گرم بر سانتیمترمکعب و ۰/۶۵/۱۱٪ اندازه گیری شد. و درصد همکشیدگی و واکشیدگی حجمی برای نمونه های قطور به ترتیب ۱۶/۸۳٪ و ۱۷/۸۵٪ و برای نمونه های کم قطر به ترتیب ۱۳/۸۴٪ و ۱۶/۳۷٪ اندازه گیری شد. ساقه پنبه ساحل نسبت به ساقه پنبه ورامین (صالحی و همکاران، ۱۳۸۳) دارای چگالی خشک و بحرانی، همکشیدگی و واکشیدگی حجمی بیشتر و درصد تخلخل کمتری می باشد.

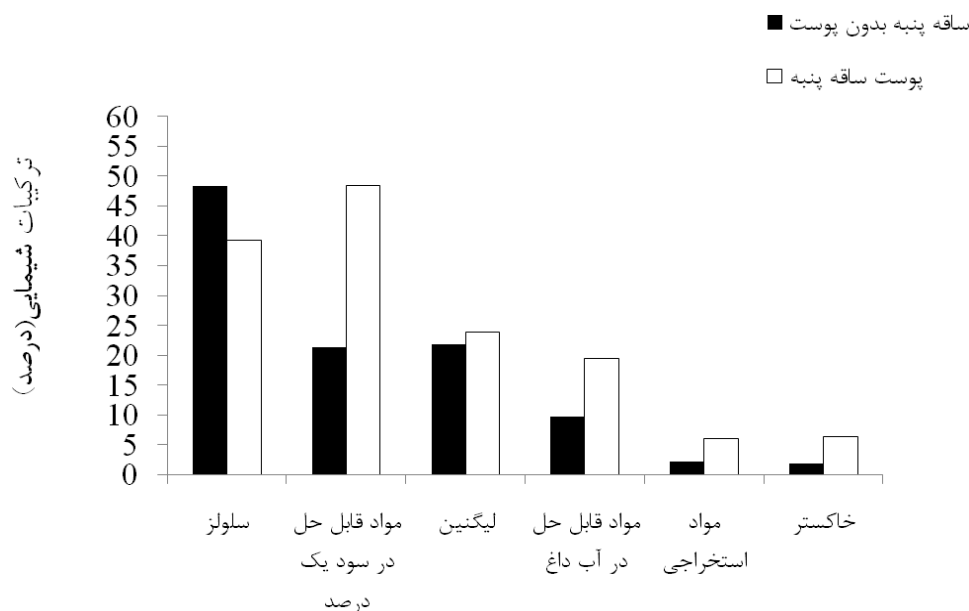
بدون پوست با نتایج حاصل از تحقیقات شکوئی (۱۳۷۶) همخوانی دارد. میزان این مواد برای پوست ساقه پنبه بیش از دو برابر ساقه پنبه بدون پوست آن می باشد. و مقدار آن در ساقه پنبه بدون پوست همانند و یا کمتر از گیاهان چوبی می باشد. انحلال پذیری زیاد ساقه پنبه در سود سوزآور یک درصد، به آسانی دسترسی و تخریب مواد دیواره سلولی اشاره داشته، و دلالت می کند بر اینکه میزان مواد شیمیایی خمیرسازی باید کاهش یابد(علی و همکاران، ۲۰۰۲) بنابراین هرچه ساقه پنبه مورد استفاده در خمیرسازی دارای پوست بیشتری باشد به دلیل زیاد بودن مقدار مواد قابل حل در سود سوزآور یک درصد آن، میزان افت بازده خمیر بیشتر خواهد بود لذا در فرآیندهایی که بازده اهمیت دارد باید از مواد شیمیایی کمتری استفاده نمود.

در نمونه های قطورساقه پنبه ساحل، تنها چگالی خشک و میزان همکشیدگی و واکشیدگی حجمی بیشتر از نمونه های کم قطر بوده و در دیگر موارد مقادیر مربوط به نمونه های کم قطر بیشتر بوده است. میانگین چگالی نمونه های کم قطر و قطور ساقه پنبه ساحل در رطوبت ۱۲٪، و نیز میانگین همکشیدگی حجمی این نمونه ها به ترتیب  $g/cm^3$  ۰/۵۸۲ و ۰/۱۵/۳۳۵ می باشد.

### ویژگی های ترکیبات شیمیایی

#### مواد قابل حل در سود سوزآور یک درصد

مواد قابل حل در هیدروکسید سدیم یک درصد برای ساقه پنبه بدون پوست و پوست ساقه پنبه ساحل به ترتیب ۲۱/۲۷۵٪ و ۴۸/۳۵٪ می باشد(شکل ۱). مواد قابل حل در هیدروکسید سدیم یک درصد برای ساقه پنبه



شکل ۱- ترکیبات شیمیایی پوست و ساقه پنبه بدون پوست ساحل

می باشد. ساقه پنبه بدون پوست و پوست ساقه پنبه ساحل در مقایسه با ساقه پنبه آمریکایی و مصری (علی و همکاران، ۲۰۰۱) به ترتیب مواد قابل حل در آب داغ کمتر و بیشتری دارد.

#### مواد قابل حل در آب داغ

مواد قابل حل در آب داغ برای ساقه پنبه بدون پوست و پوست ساقه پنبه ساحل به ترتیب ۹/۶۸٪ و ۱۹/۴۸٪ می باشد. همان طوری که در شکل ۱ نشان داده شده مقدار این مواد در پوست دو برابر ساقه پنبه بدون پوست



## مواد استخراجی

مواد استخراجی محلول در الکل- تولوئن برای ساقه پنبه بدون پوست و پوست ساقه پنبه ساحل به ترتیب ۳/۲۳٪ و ۶/۰۶٪ بدست آمده است. همان طوری که شکل ۱ نشان می دهد میزان آن در پوست، ۱/۸۸ برابر ساقه پنبه بدون پوست می باشد. مواد استخراجی محلول در الکل- تولوئن برای پوست ساقه پنبه ساحل با مواد استخراجی ساقه پنبه ورامین (صالحی و همکاران، ۱۳۸۳) همخوانی دارد. مواد استخراجی ساقه پنبه بدون پوست ساقه پنبه ساحل با درصد مواد استخراجی محلول در ساقه پنبه بدون پوست الکل- بنزن ساقه های پنبه آمریکایی (مونا علی و همکاران، ۲۰۰۱) همخوانی دارد.

## خاکستر

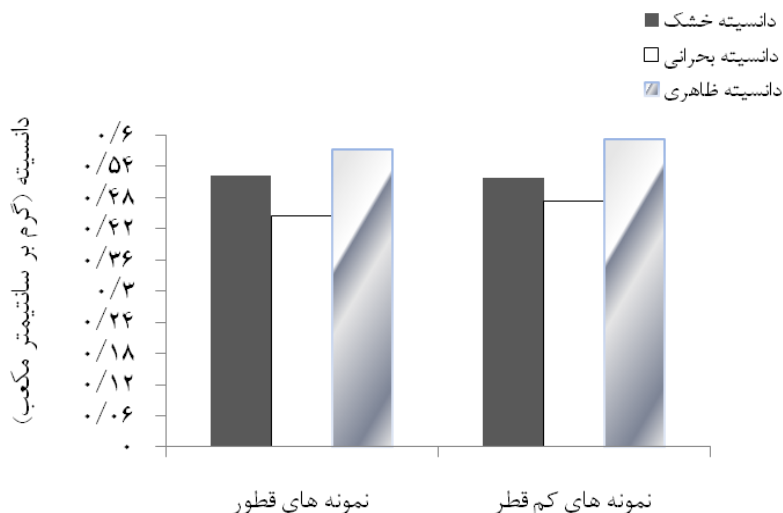
میزان خاکستر برای ساقه پنبه بدون پوست و پوست ساقه پنبه ساحل به ترتیب ۱/۸۵٪ و ۶/۳۶٪ می باشد (شکل ۱). میزان خاکستر ساقه پنبه ساحل با میزان خاکستر ساقه پنبه مصری (علی و همکاران، ۲۰۰۲) همخوانی دارد. میزان خاکستر موجود در پوست ساقه پنبه از میزان خاکستر پوست درختان بیشتر و درحد خاکستر گیاهان غیر چوبی (۵/۰ تا ۹ درصد) (روبرت، ۱۹۹۷) می باشد. درصد خاکستر موجود در پوست ساقه پنبه ساحل در حدود ۳/۵ برابر بیشتر از ساقه پنبه بدون پوست آن می باشد، که زیاد بودن خاکستر موجود در پوست می تواند دشواری هایی در مرحله تولید خمیر و کاغذ ایجاد می نماید.

## سلولز

میزان سلولز موجود در ساقه پنبه بدون پوست و پوست ساقه پنبه ساحل به ترتیب ۴۸/۳٪ و ۳۹/۲۶۵٪ می باشد (شکل ۱). میزان سلولز ساقه پنبه بدون پوست پنبه ساحل با درصد سلولز ساقه پنبه مصری (مونا علی و همکاران، ۲۰۰۲) مطابقت دارد.

## لیگنین

میانگین درصد لیگنین موجود در پوست و ساقه پنبه بدون پوست پنبه ساحل به ترتیب ۲۳/۹۳٪ و ۲۱/۸۹٪ می باشد (شکل ۱). میزان لیگنین ساقه پنبه بدون پوست پنبه ساحل با نتایج به دست آمده توسط امیری (۱۳۸۴) همخوانی دارد. میزان لیگنین موجود در ساقه پنبه بدون پوست در مقایسه با پهن برگان (۲۳ تا ۳۰٪) (روبرت، ۱۹۹۷) کمتر است، در حالی که لیگنین پوست آن (ساقه پنبه) در حد لیگنین پهن برگان و کمتر از لیگنین سوزنی برگان (۲۶ تا ۳۴٪) (روبرت، ۱۹۹۷) می باشد. کمتر بودن میزان لیگنین در ساقه پنبه نسبت به گیاهان چوبی یک برتری برای تولید خمیر کاغذ به شمار می آید زیرا کمتر بودن درصد لیگنین مصرف مواد شیمیایی و انرژی گرمایی را کاهش می دهد به ویژه در فرآیندهای شیمیایی که در آنها حذف لیگنین بیشتری صورت می گیرد.



شکل ۲- دانسیته ساقه پنبه ساحل

### نتیجه گیری

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که الیاف پوست در مقایسه با الیاف ساقه پنبه بدون پوست دارای طول بیشتری بودند، درحالی که الیاف ساقه پنبه بدون پوست قطر کلی، قطر حفره سلولی ضخامت دیواره سلولی بیشتری داشتند. الیاف ساقه پنبه بدون پوست و الیاف پوست به ترتیب در ردیف الیاف کوتاه و الیاف متوسط طبقه بندی می شوند. نتایج حاصل از ضرایب کاغذ سازی نشان داد که ضرایب درهم رفتگی و مقاومت به پارگی در الیاف پوست بیشتر از الیاف ساقه پنبه بدون پوست می باشد اما ضریب انعطاف پذیری الیاف ساقه پنبه بدون پوست بیشتر از الیاف پوست می باشد. الیاف ساقه پنبه بدون پوست به دلیل دارا بودن ضریب انعطاف پذیری بیشتر، در تأمین مقاومت کاغذ نسبت به گسیخته شدن، ترکیدن و تاه خوردن نقش بیشتری دارد اما الیاف پوست به دلیل داشتن ضرایب درهم رفتگی و مقاومت به پارگی

بیشتر در تشکیل ورقه ای با کیفیت بهتر و نیز در افزایش ضریب مقاومت به پارگی بیشتر نقش دارند. ساقه پنبه بدون پوست ساقه پنبه به لحاظ ترکیبات شیمیایی و به خاطر دارا بودن سلولز بیشتر، مواد استخراجی، خاکستر و مواد قابل حل در سود سوزآور یک درصد و آب داغ و لیگنین کمتر نسبت به پوست برای خمیرسازی مناسب تر و مطلوب تر است، در حالی که پوست ساقه پنبه از نظر داشتن الیاف بلندتر مطلوب تر است. پوست ساقه پنبه ساحل به دلیل داشتن مواد قابل حل در سود سوزآور یک درصد و آب گرم بیشتر سبب افت بازده می شوند. لذا ساقه های با قطر کمتر به دلیل داشتن پوست بیشتر افت بازده بیشتری دارند. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق به نظر می رسد که ساقه پنبه ساحل به دلیل دارا بودن ضرایب کاغذ سازی به نسبت مطلوب برای تهیه کاغذهای روزنامه و چاپ و تحریر و به صورت مخلوط با الیاف بلند برای تهیه انواع مختلف کاغذ مناسب می باشد.

## منابع

- 1-Ali.M, Byrd, M. and H.Jameel.2002. Chemimechanical Pulping of Cotton Stalks. Presented At the 2002 TAPPI Pulping Conference Proceedings.
- 2-Ali.M,Byrd.M.and H. Jameel .2001.Soda–AQ Pulping of Cotton Stalks. Presented At the 2001 TAPPI Fall Technical Conference.
- 3-Amiri, S.1384. Investigation on Pulp Provision From Soda Pulping Cotton Stalk. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. Research Institute of Forests and Rangelands. 20(2). 185-206.
- 4-Hosseini, Z. 1379. Fiber Morphology in Wood and Pulp. Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resources, Gorgan. 288p(In Persian).
- 5- Khajeh pour,M.R.1385. Industrial Plants. Iranian Academic Center for Education, Culture& Research Isfahan Univercity Branch.564p
- 6-Najafian Ashrafi, M.,Resalati, H., and Hosseini,Z .1384.The Effects of Some Process Variables on *Populus nigra* APMP Pulp Yield and Brightness. Iranian Journal Natural Resources. 58: 3 . 645-656 ( In Persian).
- 7-Parsapajouh, D.1373. Wood Technology. Tehran University Publication, 404 p . (In Persian).
- 8-Robert.W.Hurter,P.Eng,2006. Nonwood Plant Fiber Characteristics Agricultural Residues, Tappi 1997 Nonwood Short Course Notes.
- 9-Salehi,K., Hosseinzadeh, A., and Familian, H. 1383. Study On Cotton Stem For Cellulosic Industries. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research.18: 2. 239-266(In Persian).
- 10-Saraeyan, A., Kamrani, S.1386. Agricultural Residues Usable in Wood and Paper Industry, Research in Golestan Province. Scientific- Agricultural and Environmental Dehati Magazine. 5:50.27-32.( In Persian).
- 11-Shakooie, M.1376.Comprative Study of Soda and Kraft Pulping of Cotton Stalks. M.Sc Thesis in Wood and Pulp Technology. Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resources. Gorgan.122p.
- 12-Ververis,C.,Georghiou,K.,Christodoulakis,N.,Stantas,P.,andR.Stantas.2004,Fiber Dimensions, Lignin and Cellulose Content of Various Plant Materials and their Suitability for Paper Production. Industrial Crops and Products 19 (2004) pp 245-254.
- 13-TAPPI Test Methods. 2000-2001.Tappi Press.Atlanta, Ga. USA

## Investigation on the Fiber Biometry and Chemical Compounds of Bast and without Bast Stalk of Cotton Stalk Sahel Variety

Ahmad Reza Saraeian<sup>1</sup>, Hossein Shoub Chari<sup>\*2</sup>

### Abstract

In order to determine the fiber dimensions, physical and chemical properties of the bast and without bast stalk of Sahel-Variety of cotton stalk, required samples were prepared and studied. The results showed that fiber and lumen diameter and cell wall thickness of without bast stalk fibers were greater than those of bast fibers, while bast fibers were longer. Thus, these fibers can be classified as short and medium length fibers respectively. Data showed that the Length/ Diameter ratio and Runkle ratio of the bast fibers were greater than those of without bast stalk fibers, and flexibility coefficient in without bast stalk fibers was greater. Stalk with higher diameter had less bast proportion. Oven-dried density and swelling and shrinkage values of thicker stalks were greater than those of thinner ones, but apparent and basic densities, as well as porosity in thinner stalks were higher. Chemical Properties of bast and without bast stalk were respectively as follows: cellulose 39.27% and 48.3%, lignin 23.93% and 21.89%, extractives 6.06% and 3.23%, ash content 6.36% and 1.85%, one percent sodium hydroxide solubility 48.35% and 21.275% and hot water solubility 19.48% and 9.68%. These indicate that without bast stalk fibers are more suitable than bast fibers for pulp production, but bast fibers are preferred in terms of fiber length.

**Keywords:** Cotton Stalk Sahel Variety, Bast, without Bast Stalk, Fiber Dimensions, Chemical Compounds

---

\*Corresponding author: Email: hnshoub@gmail.com