بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

دانشکده جنگلداری و فنآوری چوب

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی‌ارشد (M.Sc.)

در رشته مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ (گرایش حفاظت و اصلاح چوب)

بررسی مقاومت به هوازدگی چوب صنوبر دلتوئیدس پروپیونیله شده

پژوهش و نگارش:

مراد محمود کیا

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا ماستری‌فراهانی

اساتید مشاور:

دکتر ابوالقاسم خزاعیان

دکتر حسین رسالتی

۱۳۸۹

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی ـ پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱. قبل از چاپ پایان‌نامه (رساله) خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.

۲. در انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳. انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب مراد محمود کیا دانشجوی رشته مهندسی مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ (گرایش حفاظت و اصلاح چوب) مقطع کارشناسی‌ارشد تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

که توفیق خود را نتیجه راهنمایی‌ها، زحمات، فداکاریها و دعای خیر ایشان می‌دانم

تقدیر و تشکر

اکنون که با استعانت از درگاه پروردگار منان، گامی دیگر از زندگی ام را پشت سر نهادم، با خضوع تمام بر خود لازم می دانم که مراتب سپاس و قدردانی صمیمی خویش را تقدیم همه کسانی کنم که در طی این مدت مرا یاری نمودند.

از زحمات استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر محمدرضا ماستری به خاطر تمام راهنمایی ها و زحمات بی دریغ ایشان که همواره هدایت گر من در مراحل انجام پایان نامه بودند نهایت تشکر و امتنان را دارم. از اساتید مشاور جناب آقای دکتر ابوالقاسم خزاعیان و جناب آقای دکتر حسین رسالتی که نکات بسیار ارزنده ایی را در مراحل انجام این پایان نامه به من آموختند، کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم. از داوران ارجمند این پایان نامه جناب آقای دکتر اصغر امیدوار و سرکار خانم دکتر مریم قربانی و همچنین از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی، جناب آقای دکتر داوود آزادفر که موجبات بهبود این پایان نامه را فراهم نمودند، بسیار متشکرم. از جناب آقای دکتر قاسم اسدپور و جناب آقای حسین فرومندی از کارخانه چوب و کاغذ مازندران و جناب آقای مرتضی رخشانفر و خانم عاطفه راد و ژیلا منصوری از شرکت سازه گستر سایپا کمال تشکر را دارم. از مسئولین و کارکنان محترم آزمایشگاه و کارگاه صنایع چوب و کاغذ دانشگاه گرگان و تمامی دوستان عزیزی که مرا در طی انجام مراحل پایان نامه یاری رساندند، کمال تشکر را دارم.

چکیده

در این تحقیق تأثیر پروپیونیلاسیون بر مقاومت به هوازدگی چوب صنوبر دلتوئیدس مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های آزمایشی در شرایط مختلف دمایی و زمانی پروپیونیله شدند و به مدت ۱۸۰ روز در معرض هوازدگی طبیعی قرار داده شدند. رنگ چوب پروپیونیله شده قبل و پس از ٤٠، ۸۰ و ۱۸۰ روز هوازدگی مورد اندازه گیری قرار گرفت. زبری سطح نمونه‌ها قبل و بعد از ۱۸۰ روز هوازدگی، اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری در سطح اعتماد ۹۵٪ با استفاده از آزمون کراسکال والیس نشان داد که با تیمار چوب صنوبر با انیدرید پروپیونیک تغییر رنگ در اثر هوازدگی بطور معنی‌داری کاهش یافت. با افزایش درصد افزایش وزن از ۷/۳ به ١٦/٤، میزان تغییر رنگ بطور معنی‌داری کاهش یافت. در پایان دوره هوازدگی، زبری سطح نمونه‌های تیمار شده با درصد افزایش وزن ١٦/٤ درصد، کمتر از نمونه‌های شاهد بود اما این تفاوت معنی‌دار نبود.

واژه‌های کلیدی: هوازدگی، پروپیونیلاسیون، تغییر رنگ، زبری سطح، درصد افزایش وزن

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۱-۱- اهداف تحقیق ۳

۱-۱-۲- فرضیات تحقیق ۳

۱-۲-کلیات ٤

۱-۲-۱- ترکیبات شیمیایی چوب ٤

۱-۲-۱-۱-سلولز ٥

۱-۲-۱-۲- همی سلولز ٥

۱-۲-۱-۳- لیگنین ٦

۱-۲-۱-٤- مواد استخراجی ٦

۱-۲-۲- هوازدگی چوب ۷

۱-۲-۲-۱- تفاوت پدیده هوازدگی با تغییر رنگ در محیط‌های داخلی ۷

۱-۲-۲-۲- تفاوت بین پوسیدگی و پدیده هوازدگی ۸

۱-۲-۲-۳- جنبه‌های شیمیایی تخریب چوب توسط پدیده هوازدگی ۱۰

۱-۲-۲-٤-جنبه‌های فیزیکی تخریب ۱٤

۱-۲-۲-٤-۱-تأثیرات میکروسکوپی پدیده هوازدگی به روی چوب ۱٤

۱-۲-۲-٤-۲- تأثیرات ماکروسکوپی پدیده هوازدگی به روی چوب ۱٥

۱-۲-۲-٤-۲-۱- افت الیاف ۱٥

۱-۲-۲-٤-۲-۲- جهت الیاف ۱٥

۱-۲-۲-٤-۲- ۳-آبگریزی ۱٥

۱-۲-۲-٤-۲-٤-ترک‌ها و برجستگی بافت چوب ۱٥

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-۲-۲-۵-عواملی که سبب تفاوت اثر هوازدگی در درون گونه‌های چوبی می‌گردند. ۱۶
۱-۲-۲-۶-عواملی که سبب تفاوت اثر هوازدگی بین گونه‌های چوبی می‌گردند. ۱۶
۱-۲-۲-۶-۱-جرم ویژه ۱۶
۱-۲-۲-۶-۲- بافت چوب ۱۶
۱-۲-۲-۶-۳-چوب‌درون/ چوب‌برون ۱۷
۱-۲-۲-۶-۴-چوب آغاز/چوب پایان ۱۷
۱-۲-۲-۶-۵-جوان چوب ۱۸
۱-۲-۲-۶-۶- چوب فشاری ۱۹
۱-۲-۳- اصلاح چوب ۱۹
۱-۲-۳-۱-استریفیکاسیون با انیدریدهای خطی ۲۱
۱-۲-۳-۲- استریفیکاسیون با انیدریدهای حلقوی ۲۲
۱-۲-۳-۳-استریفیکاسیون با کتن‌ها ۲۳
۱-۲-۴- زبری سطح چوب ۲۳
۱-۲-۴-۱- ویژگی‌هایی که بر زبری سطح تأثیر می‌گذارند ۲۴
۱-۲-۴-۱-۱- آناتومی چوب ۲۴
۱-۲-۴-۱-۲- دانسیته چوب/تخلخل چوب ۲۴
۱-۲-۴-۱-۳- رطوبت ۲۴
۱-۲-۴-۱-۴- فرایند برش ۲۴
۱-۲-۴-۱-۵- دیگر فاکتورها ۲۵
۱-۲-۴-۲- اثر هوازدگی بر زبری سطح چوب ۲۵
۱-۲-۴-۳- پارامترهای زبری سطح ۲۵

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-۲-۵- اثر پدیده هوازدگی بر تغییر رنگ چوب ۲۸
۱-۲-۵-۱- اندازه‌گیری رنگ با استفاده از تکنیک‌های نوری ۲۹
فصل دوم- سابقه تحقیق
۲-۱- بررسی مقاومت به هوازدگی چوب در اثر تیمارهای مختلف ۳۲
فصل سوم- مواد و روش‌ها
۳-۱- محل نمونه‌برداری ٤۲
۳-۲- نمونه‌برداری ٤۲
۳-۳- ماده شیمیایی مورد استفاده ٤۲
۳-٤- فرایند تیمار ٤۳
۳-٤-۱- استخراج اولیه ٤۳
۳-٤-۲- اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌ها قبل از اشباع (وزن اولیه) ٤۳
۳-٤-۳- مرحله اشباع ٤۳
۳-٤-٤- انجام واکنش‌ها ٤٤
۳-٤-۵- استخراج ثانویه ٤٤
۳-۵- آزمون هوازدگی ٤۵
۳-٦- متعادل‌سازی ٤۷
۳-۷- اندازه‌گیری‌ها ٤۷
۳-۷-۱- اندازه‌گیری رنگ ٤۷
۳-۷-۲- اندازه‌گیری زبری سطح ٤۸
۳-۸- مطالعه زبری سطح چوب با استفاده از استریو میکروسکوپ ۵۰
۳-۹- روش تجزیه و تحلیل ۵۰

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل چهارم- نتایج و بحث

٤-١- واکنش انیدرید پروپیونیک با چوب ٥٢

٤-٢- تغییر رنگ در اثر اصلاح ٥٢

٤-٣- تغییر رنگ در اثر هوازدگی ٥٤

٤-٤- تغییر زبری سطح در اثر هوازدگی ٥٨

فصل پنجم- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

٥-١-نتیجه گیری کلی ٦٦

٥-٢- پیشنهادات ٦٧

منابع ٦٩

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

۱-۱- ترکیب شیمیایی سوزنی‌برگان و پهن‌برگان ٤
۱-۲- ترکیب شیمیایی دیواره ثانویه در سوزنی‌برگان (٪) ٤
۳-۱- خواص ماده شیمیایی مورد استفاده ٤۲
۳-۲- شرایط واکنش ٤٤
٤-۱-$\triangle L^*$، $\triangle a^*$ ، $\triangle b^*$ و $\triangle E^*$ به‌دست آمده برای ۱٦/٤WPG و ۷/۳ درصدی ٥۲
٤-۲ -L^*, a^*, b^* قبل و بعد از اصلاح برای ۷/۳WPG درصد، براساس آزمون من ویتنی ٥۳
٤-۳- L^*, a^*, b^* قبل و بعد از اصلاح برای ۱٦/٤WPG درصد، براساس آزمون من ویتنی ٥۳
٤-٤- نتایج تغییر رنگ بر اساس آزمون من ویتنی ٥٤
٤-٥- نتایج آماری تغییر رنگ ($\triangle E^*$) پس از ۱۸۰ روز براساس آزمون کراسکال والیس ٥٦
٤-٦- $\triangle L^*$، $\triangle a^*$ و $\triangle b^*$ پس از ۱۸۰ روز هوازدگی ٥٦
٤-۷- نتایج آماری پارامترهای تغییر رنگ پس از ۱۸۰ روز براساس آزمون کراسکال والیس ٥۷
٤-۸- زبری نسبی نمونه‌های تیمار شده و شاهد پس از ۱۸۰ روز هوازدگی ٥۹
٤-۹-نتایج آماری پارامترهای زبری نسبی نمونه‌ها پس از ۱۸۰ روز هوازدگی ٦۱
٤-۱۰- نتایج آماری پارامتر $R'pk$ نمونه‌ها پس از ۱۸۰ روز هوازدگی ٦۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

۱-۱- ساختار دیواره سلولی ۵
۱-۲- ترک‌ها و فرسایش سطحی در یک تیر در طی یک دوره هوازدگی ۱۰۰ ساله ۹
۱-۳- ترک‌های ایجاد شده در چوب در اثر هوا زدگی ۱۰
۱-٤ -مکانیسم کلی تخریب ۱۲
۱ -۵- مقدار نسبی- الف)سلولز، ب) همی سلولز، ج) لیگنین در دو سلول چوبی ۱٤
۱ – ٦ - الف- تخریب منافذ هاله‌ای و لایه میانی و جدا شدن سلول‌ها در اثر هوازدگی ۱٤
۱ -۷- ساختار آناتومی الف) سوزنی‌برگ ، ب) پهن‌برگ بخش روزنه‌ای، ج) پراکنده آوند ۱۷
۱-۸- تفاوت هوازدگی بین چوب آغاز و پایان پس از ده سال قرار گرفتن در محیط بیرونی ۱۸
۱ -۹- ترک‌های ایجاد شده در جوان چوب در اثر هوازدگی ۱۹
۱ -۱۰-اثر تیمارهای مختلف بر روی مکانیسم چوب ۲۰
۱-۱۱- واکنش انیدریدهای خطی با گروه‌های هیدروکسیل چوب ۲۲
۱-۱۲ -واکنش انیدریدهای حلقوی با گروه‌های هیدروکسیل چوب ۲۲
۱-۱۳- واکنش کتن با گروه هیدروکسیل چوب ۲۳
۱-۱٤- زبری میانگین (Ra) ۲٦
۱-۱۵- زبری ماکزیمم (Rmax) ۲٦
۱-۱٦ -پارامترهای زبری(R_p, R_v) ۲۷
۱-۱۷- پارامتر زبری(Rz) ۲۷
۱-۱۸- پارامتر های منحنی Abbott ۲۸
۱-۱۹- فضای رنگی CIELab ۲۹
۱-۲۰- محور L* در سیستم CIELab ۳۰
۱-۲۱- محور a* در سیستم CIELab ۳۰
۱-۲۲- محور b* در سیستم CIELab ۳۰
۳-۱- دسیکاتور حاوی نمونه‌ها و ماده شیمیایی تحت خلأ ٤٤

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

۳-۲- قرار دادن نمونه‌ها با زاویه 45^{o} در معرض هوازدگی ٤٦
۳-۳-دمای محیط در طول هوازدگی ٤٦
۳-٤-رطوبت نسبی محیط در طول هوازدگی ٤٧
۳-٥- دستگاه اندازه گیری رنگ elrepho 2000 ..... ٤٨
۳ -٦- دستگاه اندازه گیری زبری perthometer pvc ٤٩
۳-۷- استریو میکروسکوپ Olympus ٥٠
٤-۱- واکنش انیدرید پروپیونیک با گروه هیدروکسیل چوب ٥٢
٤-۲- نمونه‌های آزمایشی پس از ۱۸۰ روز هوازدگی- الف- شاهد ب- WPG =١٦/٤ ..... ٥٥
٤-۳- تفاوت تغییر رنگ بین نمونه‌های شاهد و اصلاح شده در دوره‌های مختلف ٥٥
٤-٤- تغییر روشنایی (L^{*}) نمونه‌های شاهد و تیمار شده در دوره‌های زمانی مختلف ٥٥
٤-٥- تغییر خلوص رنگ (C) نمونه‌های شاهد و تیمار شده در دوره‌های زمانی مختلف ٥٨
٤-٦- پروفیل های زبری سطح نمونه شاهد- الف- قبل و بعد از هوازدگی ٥٩
٤-۷- پروفیل زبری سطح نمونه اصلاح شده با WPG٧/٣٪ الف- قبل و بعد از هوازدگی ٦٠
٤-۸- پروفیل زبری سطح نمونه اصلاح شده با WPG١٦/٤٪ قبل و بعد از هوازدگی ٦٠
٤-۹- تصاویر سطح چوب قبل از هوازدگی – ب- نمونه‌های شاهد پس از هوازدگی ٦٢
٤-۱۰- پاره شدن الیاف از سطح نمونه‌های الف) چوب پروپیونیله شده ب)شاهد (بزگنمایی۱۱/٥) ٦٣

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

چوب ماده‌ای است که بشر برای قرن‌های متوالی از آن برای خانه‌سازی استفاده می‌کند قسمت‌های بیرونی ساختمان و وسایل چوبی که در محیط بیرونی استفاده می‌شوند، همواره در معرض پدیده هوازدگی قرار دارند. چوب محافظت نشده مستعد هوازدگی است، هوازدگی منجر به تغییرات نامطلوب از جمله تغییر رنگ، افزایش زبری، ایجاد ترک‌های سطحی و کاهش خواص فیزیکی و مکانیکی می‌گردد (دکا و همکاران، ۲۰۰۸؛ سودیانی و همکاران، ۱۹۹۹).

تلاش‌های زیادی در زمینه گسترش سیستم‌های حفاظتی چوب جهت جلوگیری از تخریب چوب در طی پدیده هوازدگی در محیط بیرون صورت گرفته است. هر چند تیمار با بعضی مواد حفاظتی سمی نشان داده که در برابر هوازدگی مؤثر است اما امروزه کاربرد مواد سمی در حفاظت چوب به دلیل مشکلات زیست محیطی کاهش یافته است. در این رابطه می‌توان به محدودیت و ممنوعیت استفاده از CCA در آمریکا و اروپا اشاره کرد. از ژانویه ۲۰۰٤ سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا EPA به‌دلیل نگرانی از آلوده شدن محیط زیست، کاربرد CCA را در بسیاری از موارد از جمله در ساختمان سازی، سکوها، میزهای پینگ پنگ و قفس‌ها ممنوع کرده است، در سال ۲۰۰۷ نیز استفاده از CCA در اتحادیه اروپا بطور کامل ممنوع گردید. این کاهش مصرف در سایر کشورها نیز دیده می شود. این نگرانی‌ها باعث شده تا کارشناسان تحقیقات گسترده‌ای را برای جایگزینی این مواد سمی با مواد کارآمدتر و بی‌خطرتر برای محیط زیست آغاز کنند. یکی از روش‌هایی که در چند دهه اخیر گسترش یافته و می‌تواند جایگزین مناسبی برای مواد حفاظتی سمی باشد، اصلاح شیمیایی چوب می‌باشد.

ساختار پلیمری دیواره سلولی در کل شامل سلولز، همی‌سلولز و لیگنین می‌باشد. همه این ترکیبات دارای گروه‌های هیدروکسیل می‌باشند. این گروه‌ها فعال‌ترین قسمت‌های چوب می‌باشند و نقش کلیدی در تعیین ویژگی‌های چوب دارند. اگر ساختار پلیمری دیواره سلولی تغییر کند ویژگی‌های چوب نیز تغییر خواهند کرد. اصلاح شیمیایی چوب نوعی تیمار چوب است که در آن ساختار مولکولی دیواره سلولی تغییر می‌کند و عبارت است از واکنش شیمیایی بین تعدادی از اجزای فعال چوب با یک واکنشگر شیمیایی که به تشکیل پیوند کوالانسی بین آنها منجر می‌شود و شامل اشباع (نفوذ مونومر و سپس پلیمر کردن آن در محل، بدون اینکه با دیواره سلولی پیوندی ایجاد شود)، پوشش‌ها و اصلاح حرارتی نمی‌شود (رائول، ۲۰۰۷). هدف اصلاح شیمیایی، بهبود ویژگی‌های مطلوب

چوب به گونه‌ای است که به محیط زیست آسیبی وارد نشود. از جمله موادی که برای اصلاح شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند انیدریدهای خطی هستند. از میان انیدریدهای خطی، انیدرید استیک بصورت گسترده مورد توجه قرار گرفته است و اصلاح چوب با انیدرید استیک در سال ۲۰۰۷ بصورت تجاری درآمد. انیدرید پروپیونیک دومین انیدرید خطی است که به‌علت بزرگ بودن زنجیره تنها امکان اصلاح بعضی چوب‌ها بدون استفاده از کاتالیزور با آن وجود دارد. در این تحقیق انیدریک پروپیونیک بدین منظور انتخاب گردید که امکان اصلاح چوب صنوبر با انیدرید پروپیونیک بدون استفاده از کاتالیزور وجود دارد (فراهانی و حسینی، ۲۰۰۸).

۱-۱-۱- اهداف تحقیق

۱- بررسی مقاوت به هوازدگی چوب صنوبر

۲- کاهش تغییر رنگ ناشی از هوازدگی چوب صنوبر با استفاده از اصلاح شیمیایی چوب بوسیله انیدرید پروپیونیک

۳- کاهش زبری ناشی از هوازدگی چوب صنوبر با استفاده از اصلاح شیمیایی چوب بوسیله انیدرید پروپیونیک

۱-۱-۲- فرضیات تحقیق

۱- اصلاح چوب صنوبر با انیدرید پروپیونیک مقاومت به هوازدگی را بهبود می‌دهد.

۲- تغییر رنگ ناشی از هوازدگی در چوب صنوبر اصلاح شده کمتر از چوب اصلاح نشده است.

۳- تغییر زبری ناشی از هوازدگی در چوب صنوبر اصلاح شده کمتر از چوب اصلاح نشده است.

۱-۲-کلیات

۱-۲-۱- ترکیبات شیمیایی چوب

چوب یک ماده لیگنو سلولزی است که از ترکیبات شیمیایی پیچیده شامل ماکرومولکول‌های سلولزی، همی‌سلولز، لیگنین و مواد استخراجی که وزن مولکولی پایین دارند تشکیل شده است (مانو،

۲۰۰۲). چندین تفاوت بین ترکیب شیمیایی پهن برگان با سوزنی برگان وجود دارد که در جدول ۱-۱ نشان داده شده است.

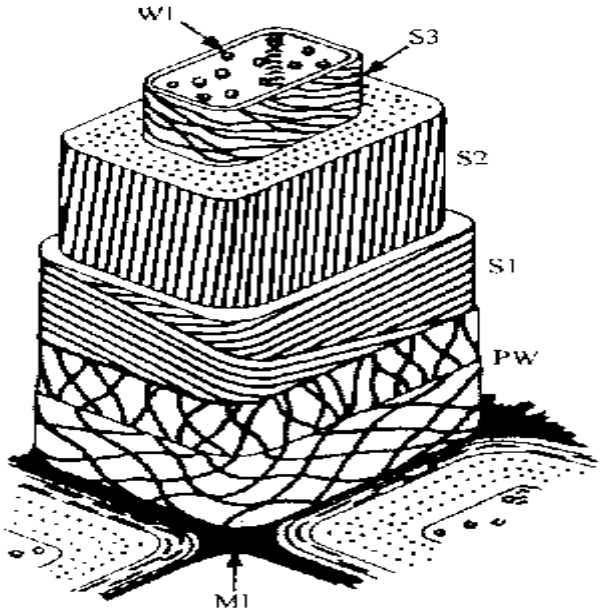
جدول ۱-۱- ترکیب شیمیایی سوزنی برگان و پهن برگان (سجوستروم، ۱۹۹۳)

نوع درخت	سلولز٪	همی سلولز٪	لیگنین٪
پهن برگ	٤٠-٤٤	١٥-٣٥	١٨-٢٥
سوزنی برگ	٤٠-٤٤	٢٠-٣٢	٢٥-٣٥

چوب از سلول‌های مختلفی ساخته شده است، دیواره این سلول‌ها از لایه‌های مختلف شامل لایه میانی (ML) دیواره اولیه (PW) و دیواره ثانویه تشکیل شده است. دیواره ثانویه خود ازسه لایه شامل لایه بیرونی (S_1)، لایه میانی (S_2) و لایه درونی (S_3) تشکیل شده است (فنجل و وجنر، ۱۹۸۹) (شکل ۱-۱). از میان این لایه‌ها لایه S_2 ضخیم ترین لایه است و مسئول اصلی خواص فیزیکی و مکانیکی دیواره سلولی است (ساکا، ۲۰۰۱). لایه‌های دیواره ثانویه از نظر تعداد و جهت‌گیری میکروفیبریل‌ها و ترکیب شیمیایی با هم تفاوت دارند. ترکیب شیمیایی دیواره ثانویه در سوزنی برگان در جدول ۱-۲ نشان داده شده است. میکرو فیبریل‌های سلولزی در هر کدام از لایه‌ها دارای آرایش ویژه‌ای است که ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی سلول را تعیین می‌کند (پلومیون، ۲۰۰۱).

جدول ۱-۲- ترکیب شیمیایی دیواره ثانویه در سوزنی برگان (٪) (وینادی و رائول، ۲۰۰۵)

	S_1	S_2	S_3
سلولز	٦/١	٣٢/٧	٠/٨
همی سلولز	٣/٧	١٨/٤	٥/٢
لیگنین	١٠/٥	٩/١	٠



شکل ۱-۱- ساختار دیواره سلولی (پلومیون، ۲۰۰۱)

۱-۲-۱-۱- سلولز

سلولز یک پلیمر خطی با وزن مولکولی بالا است که از واحدهای ß (۱-٤) D گلوکو پیرانوز تشکیل شده است (باازا و فرر، ۲۰۰۱؛ سجوستروم، ۱۹۹۳). سلولز در حدود ٤٥-٥٠٪ وزن خشک دیواره سلولی را تشکیل می‌دهد و قسمت بیشتر آن در دیواره ثانویه قرار داد (میلر، ۱۹۹۹). قسمت اعظم سلولز بصورت کریستالیته است که توسط پیوندهای هیدروژنی به هم اتصال دارند(هیل، ۲۰۰٦؛ هوری، ۲۰۰۱).

۱-۲-۱-۲- همی سلولز

همی سلولز در حدود ۲۰٪ چوب را تشکیل می‌دهد و غالباً در دیواره اولیه و ثانویه وجود دارد (باازا و فریر، ۲۰۰۱). اجزای اصلی همی سلولز در سوزنی برگان گلوکز، مانوز، گالاکتوز، زایلوز، آرابینوز و ٤-O- متیل گلوکورونیک اسید و در پهن برگان زایلوز و ٤-O- متیل گلوکورونیک اسید هستند (فوجی‌تا و اهارادا،۲۰۰۱). همی سلولزهای اصلی سوزنی برگان O- استیل-٤-O- متیل گالاکتو

گلوکو مانان و آرابینو-٤-O- متیل گلوکو رونو زایلان بترتیب در حدود ۱۸٪ و ۱۰ ٪ چوب را تشکیل می‌دهند و همی‌سلولز اصلی پهن برگان O- استیل-٤-O- متیل گالاکتو گلوکورونو زایلان است و در حدود ۲۰ تا ۳۵٪ چوب را تشکیل می‌دهند (سرنک، ۲۰۰۱). همی سلولز بدلیل شکل آمورف آن از سلولز واکنش‌پذیرتر است.

۱-۲-۱-۳- لیگنین

لیگنین ۲۰ تا ۳۰٪ چوب را تشکیل می‌دهد و از واحدهای فنیل پروپان تشکیل شده است که بیشتر با پیوندهای ٤-O- ß به یکدیگر متصل شده‌اند (۵۰ تا ٦۰٪ پیوندهای لیگنین از نوع ٤-O- ß است). لیگنین دارای گروه‌های عاملی مختلف از جمله هیدروکسیل فنلی، متوکسیل، الکل‌های آلیفاتیک، الدئید، کتن و اتر می‌باشد. میزان و ساختار شیمیایی لیگنین پهن برگان با سوزنی برگان متفاوت است. لیگنین سوزنی برگان بیشتر از پهن برگان است، میزان آن در سوزنی برگان ۲۳ تا ۳۳٪ و در پهن برگان ١٦ تا ۲۵٪ است (فنجل و ونجر، ۱۹۸۹؛ میلر، ۱۹۹۹). لیگنین پهن برگان، گوایاسیل- سیرینجیل است که از پیش ترکیب‌های کانیفریل الکل و سیناپیل الکل تشکیل شده است درحالیکه لیگنین سوزنی‌برگان گوایاسیل است که اساساً از پیش ترکیب‌های کانیفریل الکل تشکیل شده است(بیش از ۹۵٪ پیش ترکیب‌های سازنده آن کانیفریل الکل و بقیه از نوع پی کوماریل الکل است) (دنس، ۱۹۹۲).

۱-۲-۱-٤- مواد استخراجی

مواد استخراجی ترکیباتی با وزن مولکولی پایین هستند که به راحتی با حلال‌ها از چوب خارج می‌شوند (باازا، ۲۰۰۱). این مواد شامل ترکیبات معدنی و آلی هستند. مواد استخراجی بر بعضی ویژگی‌های چوب از جمله رنگ، بو، مزه، مقامت به پوسیدگی، دانسیته، آبگریزی و قابلیت شعله‌ور شدن چوب تأثیر می‌گذارند. میزان این مواد به گونه چوبی، شرایط رشد و زمانی از سال که درخت قطع می‌شود، بستگی دارد (میلر، ۱۹۹۹).