

بررسی خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و آناتومیکی صنوبر

دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱

عباس فخریان، عبدالرحمن حسین زاده و فرداد گلبابائی

بخش تحقیقات علوم چوب و کاغذ-مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع

ایران-صندوق پستی ۱۱۶-۱۳۱۸۵ تهران

Fakhrian@rifr-ac.org

چکیده:

سه اصله درخت ۴، ۶ و ۱۲ ساله صنوبر دلتوئیدس *Populus deltoides* کلن ۷۷/۵۱ بطور اتفاقی از ایستگاه تحقیقات صنوبر صفرا بسته واقع در استان گیلان قطع و جهت بررسی خصوصیات آناتومیکی شیمیایی و فیزیکی به آزمایشگاه شیمی چوب و کاغذ بخش تحقیقات علوم چوب و کاغذ مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع انتقال داده شد. میانگین طول الیاف درخت ۴ ساله ۱/۰۲ میلیمتر، ۶ ساله ۱/۱۷ میلی متر و ۱۲ ساله ۱/۲۹ میلیمتر اندازه گیری شد. میانگین قطر الیاف بین ۳۴/۴۵-۲۸/۶۷ میکرون، قطر حفره سلولی بین ۲۱/۹۶-۱۹/۵۶ میکرون و ضخامت دیواره سلولی بین ۶/۲۴-۳/۹۹ میکرون بدست آمد. بین طول الیاف درختان در سه سن بهره برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله اختلاف در سطح ۱٪ معنی دار شده است.

میزان سلولز چوب درخت ۴ ساله بطور متوسط ۵۱/۲۳ درصد، ۶ و ۱۲ ساله به ترتیب ۵۲/۸۳ و ۵۱/۷۸ درصد و میزان لیگنین این درختان بطور متوسط حداقل ۲۲/۰۳ و حداکثر ۲۳/۴۶ درصد اندازه گیری شد. مواد استخراجی این درختان بین ۲/۸۵-۲/۴۱ درصد و خاکستر آنها بین ۰/۶۰-۰/۲۷ درصد بدست آمد.

## تحقیقات چوب و کاغذ ایران

---

۲

وزن مخصوص خشک درختان ۴ ساله ۳/۳۱، ۶ ساله ۳/۷۰ و ۱۲ ساله ۳/۷۶  $\text{g/cm}^3$  و  
وزن مخصوص بحرانی ۳/۰۸، ۳/۳۱ و ۳/۶۰ به ترتیب برای درختان با دوره بهره‌برداری ۴،  
۶ و ۱۲ ساله تعیین شد.

### مقدمه:

صنعت کاغذسازی یکی از قدیمیترین و در حال حاضر از بزرگترین صنایع جهان به شمار می‌آید. کاغذ از بدو ساخت تا به امروز قابل اعتمادترین وسیله انتقال اطلاعات بوده و بخش وسیعی از علم بشری بوسیله کاغذ از نسلی به نسل دیگر انتقال یافته است. عمده ترین منبع تامین چوب برای کاغذسازی جنگل است که از دیر باز نقش مهمی در زندگی جوامع بشری داشته است.

افزایش سطح دانش بشری و پیشرفت تکنولوژی به افزایش تقاضا برای چوب در مصارف گوناگون انجامید که تبعات آن تخریب جنگل بوده و برای جلوگیری از سرعت تخریب استفاده از منابع جدید لیگنوسلولزی جایگزین منابع جنگلی ضروری به نظر می‌رسد یکی از گونه های سریع الرشد که در طرحهای سازگاری ایران موفقیت بسیاری خوبی از خود نشان داده است صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ است. در این بررسی خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و آناتومیکی چوب درخت صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ در سه دوره بهره برداری مورد تحقیق قرار می‌گیرد.

### پیشینه تحقیق:

Uprichard, J.M (۱۹۷۱) میزان سلولز (cross-Bevan) *populus X- euramericana cv. Robusta* - کشور نیوزلند را ۵۲/۶ درصد و میزان لیگنین آنرا ۲۰/۲ درصد اندازه‌گیری کرده است. میزان مواد استخراجی محلول در متانول و پنتوزانهای این گونه درختی بترتیب ۲/۶ درصد و ۱۵/۱ درصد اندازه‌گیری شده است. نامبرده وزن مخصوص، طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف را به ترتیب ۰/۳۵ g/cm<sup>3</sup>، ۱/۲۵ میلی‌متر، ۲۱، ۱۶ و ۲/۵ میکرون اندازه‌گیری کرده است. ضریب رانکل و ضریب انعطاف پذیری<sup>۱</sup> الیاف بترتیب ۰/۳۱ و ۰/۷۶ گزارش شده است.

Schreiner, E.J.; Stairs, G.R.; Marton, R. (۱۹۶۸) میزان لیگنین، پنتوزانها و مواد استخراجی محلول در اتانول بنزن درختان ۱۴-۱۳ ساله *Populus deltoides x P. caudina* کشور آمریکا را به ترتیب ۲۶/۸، ۲۱/۴ و ۲/۸ درصد گزارش کرده است. بازده خمیر کاغذ سولفات الک نشده<sup>۲</sup> این درخت ۵۲/۲ درصد تعیین شده است.

مهرابی (۱۳۷۰) در بررسی خواص شیمیایی سه کلن صنوبر کبوده بومی ۴۴/۹، دلتوئیدس کلن ۶۶/۵۵ و اورامریکن کلن ۲۱۴ عنوان نموده که میانگین طول الیاف به ترتیب فوق ۰/۸۵۴، ۱/۱۴۸ و ۱/۰۸ میلی‌متر وزن مخصوص خشک بترتیب ۰/۳۸۶، ۰/۴۶۱ و ۰/۳۴۱ گرم برسانتیمتر مکعب، میانگین سلولز آنها به ترتیب ۵۰/۵، ۵۱/۵۰ و ۴۹/۵ درصد و میانگین لیگنین به ترتیب ۱۶، ۱۸ و ۲۰ درصد بوده است.

<sup>۱</sup> -Flexibility ration

<sup>۲</sup> -UnScreen

## تحقیقات چوب و کاغذ ایران

---

۵

نورالدین نظرنژاد (۱۳۷۵) میانگین طول الیاف صنوبر دلتوئیدس را  $1/117$  و اورامریکن را  $1/29$  میلیمتر اندازه‌گیری کرده است. نامبرده میانگین مقدار سلولز برون‌چوب صنوبر دلتوئیدس را  $52/88$  و درون‌چوب آنرا  $52/2$  درصد و میانگین مقدار سلولز صنوبر اورامریکن را  $56/44$  درصد برای برون‌چوب و  $57/20$  درصد برای درون‌چوب گزارش کرده است. دانسیته چوب صنوبر دلتوئیدس و اورامریکن به ترتیب  $0/365$  و  $0/39$  اندازه‌گیری شده است.

### روش تحقیق :

نمونه‌های مورد آزمایش از طرح مناسب‌ترین دوره بهره‌برداری صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ واقع در ایستگاه تحقیقاتی صنوبر صفرا بسته تهیه شدند. سن درختان در زمان بهره‌برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله بود.

به منظور انجام آزمایشات آناتومیکی از روش فرانکلین (۱۹۵۴)، و تعیین مقدار ترکیبات شیمیایی از استاندارد T ۲۵۷-cm-۹۵ آیین نامه TAPPI، اندازه‌گیری مواد استخراجی محلول در استن مطابق استاندارد T ۲۰۴-om-۸۸ آیین نامه TAPPI، اندازه‌گیری سلولز از روش اسیدنیتریک، اندازه‌گیری لیگنین مطابق استاندارد T ۲۲۲-om-۸۸ آیین نامه TAPPI، اندازه‌گیری خاکستر مطابق استاندارد T ۲۱۱-om-۸۵ آیین نامه TAPP، استفاده شد. تجزیه و تحلیل نتایج خصوصیات آناتومیکی، شیمیایی و فیزیکی با استفاده از آزمون F مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شده است.

نتایج و بحث :

در این تحقیق طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف صنوبر دلتوئیدس ۴، ۶ و ۱۲ ساله اندازه‌گیری شده است. هر کدام از اندازه‌گیری‌ها بر روی ۳۰ رشته فیبر انجام شده است که نتایج بدست آمده حاصل از آنها در جدول شماره ۱ خلاصه شده است.

جدول شماره ۱- میانگین طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره

سلولی صنوبر دلتوئیدس

زمان بهره‌برداری (سال)	طول الیاف (میلی متر)	قطر الیاف (میکرون)	قطر حفره سلولی (میکرون)	ضخامت دیواره سلولی (میکرون)
۴	۱/۰۲۵	۲۸/۶۵۷	۲۰/۵۹۳	۳/۹۹۳
۶	۱/۱۷۷	۲۹/۴۰۹	۱۹/۷۳۸	۴/۹۲۲
۱۲	۱/۲۹۹	۳۴/۴۶۱	۲۲/۰۲۸	۶/۲۴۵

نتایج تجزیه و تحلیل آماری طول الیاف (جدول شماره ۲) نشان می‌دهد که بین طول الیاف درختان در سه دوره بهره‌برداری اختلاف در سطح ۱٪ معنی دار شده است. گروه‌بندی درختان در سه دوره بهره‌برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله در جدول شماره ۳ نشان داده شده است.

جدول شماره ۲ - تجزیه و تحلیل آماری نتایج طول الیاف

F	میانگین مربعات	جمع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۷۶۰۳	۰/۰۲۴	۰/۷۰۴	۲۹	تکرار
۱۷/۷۴	۰/۰۵۶۷	۱/۱۳۳	۲	سن بهره‌برداری (سال)
	۰/۰۳۲	۱/۸۵۲	۵۸	خطا

جدول شماره ۳ - مقایسه میانگین طول الیاف در سطح ۱٪

سن بهره‌برداری (سال)	گروه‌بندی طول الیاف ( میانگین )
۱=۴	۳=۱/۲۹۹ <b>A</b>
۲=۶	۲=۱/۱۷۷ <b>A</b>
۳=۱۲	۱=۱/۰۲۵ <b>B</b>

قطر الیاف: در جدول شماره ۱ میانگین قطر الیاف و در جدول شماره ۴ نتایج تجزیه و تحلیل آماری قطر الیاف خلاصه است. با توجه به جدول شماره ۴ مشاهده می‌شود که در سطح ۱٪ بین قطر الیاف درختان در دوره‌های بهره‌برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله اختلاف معنی‌دار است.



جدول شماره ۴ - نتایج تجزیه و تحلیل آماری قطر الیاف درخت صنوبر دلتوئیدس

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۱/۰۴۴	۲۳/۶۹	۶۸۶/۸۹	۲۹	تکرار
۱۳/۱۷	۲۹۸/۸۵	۵۹۷/۷۰	۲	سن بهره برداری
	۲۲/۶۹	۱۳۱۵/۷۷	۵۸	(سال)
				خطا

گروه بندی میانگین قطر سلول در سطح ۱٪ نشان می دهد که درخت باسن ۱۲ سال با ۳۴/۴۶ میکرون در گروه A و درختان با سن بهره برداری ۶ و ۴ سال به ترتیب با ۲۹/۴۱ و ۲۸/۶۶ میکرون در گروه B قرار گرفتند.

ضخامت دیواره سلولی: در جدول شماره ۱ میانگین ضخامت دیواره الیاف و در جدول شماره ۵ نتایج تجزیه و تحلیل آماری ضخامت دیواره سلولی الیاف خلاصه شده است. در جدول شماره ۶ نتایج مقایسه میانگین ضخامت دیواره سلولی در سطح ۱٪ نشان داده شده است.

جدول شماره ۵: نتایج تجزیه و تحلیل آماری ضخامت دیواره الیاف

F	میانگین مربعات	جمع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۷۶	۱/۶۹	۴۹	۲۹	تکرار
۱۷/۳۸	۳۸/۴۳	۷۶/۸۶	۲	سن بهره برداری (سال)
	۲/۲۱	۱۲۸/۲۵	۵۸	خطا

## تحقیقات چوب و کاغذ ایران

۱۰

جدول شماره ۶: مقایسه میانگین ضخامت دیواره سلولی

سن بهره برداری (سال)	گروه بندی ضخامت دیواره ( میانگین)
۱=۴	۳=۸/۲۵ <b>A</b>
۲=۶	۲=۴/۹۲ <b>A</b>
۳=۱۲	۱=۳/۹۹ <b>B</b>

با استفاده از ابعاد الیاف، ضرائب بیومتریکی شامل ضریب لاغری، ضریب نرمش و ضریب رانکل اندازه گیری شد که میانگین آنها در جدول شماره ۷ نشان داده شده است.

جدول شماره ۷- میانگین مقادیر ضرائب بیومتریکی چوب صنوبر دلتوئیدس

سن درخت (سال)	ضریب لاغری $\frac{L}{d} \times 1000$	ضریب نرمش $\frac{c}{d} \times 100$	ضریب رانکل $\frac{2P}{C} \times 100$
۴	۳۵/۷۸	۷۱/۸۶	۳۸/۷۸
۶	۴۰/۰۲	۶۷/۱۲	۴۹/۷۶
۱۲	۳۷/۵۳	۶۳/۹۲	۵۶/۷۰

### ترکیب شیمیایی:

سلولز- در جدول شماره ۸ میانگین میزان سلولز و در جدول شماره ۹ نتایج تجزیه و تحلیل آماری سلولز صنوبر دلتوئیدس در سه دوره بهره برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله خلاصه شده است. باتوجه به جدول شماره ۹ مشاهده می شود که بین میانگین سلولز درختها در سه دوره بهره برداری اختلاف در سطح ۱٪ معنی دار شده است. در جدول شماره ۱۰ گروه بندی میانگین سلولز این درختان آورده شده است.

جدول شماره ۸- میانگین میزان ترکیب شیمیایی چوب صنوبر دلتوئیدس

سن (سال)	سلولز %	لیگنین %	مواد استخراجی %	خاکستر %
۴	۵۱/۳۲	۲۳/۴۶	۲/۴۱	۰/۶
۶	۵۲/۸۴	۲۲/۰۳	۲/۵۳	۰/۵۵
۱۲	۵۲/۷۸	۲۳/۳۵	۲/۸۵	۰/۲۷

جدول شماره ۹- نتایج تجزیه و تحلیل آماری سلولز صنوبر دلتوئیدس

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
تکرار	۲	۰/۵۱۷	۰/۲۵۹	۱/۸۲۱۷
سن بهره برداری (سال)	۲	۴/۴۱۵	۲/۲۰۸	۱۵/۵۵۵۷
خطا	۴	۰/۵۶۸	۰/۱۴۲	

جدول شماره ۱۰- مقایسه میانگین میزان سلولز صنوبر دلتوئیدس در سه

دوره بهره برداری

سن بهره برداری (سال)	گروه بندی میزان سلولز ( میانگین)
۱=۴	۲=۵۲/۸۴ <b>A</b>
۲=۶	۳=۵۲/۷۸ <b>A</b>
۳=۱۲	۱=۵۱/۳۲ <b>B</b>

لیگنین - در جدول شماره ۸ میانگین میزان لیگنین و در جدول شماره ۱۱ نتایج تجزیه و تحلیل آماری لیگنین چوب درخت صنوبر دلتوئیدس خلاصه شده است. باتوجه به جدول شماره ۱۱ مشاهده می شود که اختلاف میزان لیگنین چوب صنوبر دلتوئیدس در

سه دوره بهره‌برداری در سطح ۵٪ معنی‌دار نشده است. لیگنین درخت ۴ ساله ۲۳/۴۶ درصد، ۶ ساله ۲۲/۰۳ درصد و ۱۲ ساله ۲۳/۳۵ درصد اندازه‌گیری شده است.

جدول شماره ۱۱ - نتایج تجزیه و تحلیل آماری لیگنین صنوبر دلتوئیدس

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۴۱۴۹	۰/۳۵۱	۰/۷۰۲	۲	تکرار
۲/۲۳۴۸	۱/۸۹۲	۳/۷۸۳	۲	سن بهره‌برداری (سال)
	۰/۸۴۶	۳/۳۸۶	۴	خطا

مواد استخراجی - در جدول شماره ۸ میانگین میزان مواد استخراجی و در جدول شماره ۱۲ نتایج تجزیه و تحلیل آماری چوب صنوبر دلتوئیدس خلاصه شده است. در جدول شماره ۱۲ مشاهده می‌شود که بین میزان مواد استخراجی درختان در سه دوره بهره‌برداری اختلاف در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. در جدول شماره ۱۳ گروه‌بندی میانگین مواد استخراجی نشان داده شده است.

جدول شماره ۱۲ - نتایج تجزیه و تحلیل آماری مواد استخراجی صنوبر دلتوئیدس

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۷۴۵۷	۰/۰۱۴	۰/۰۲۸	۲	تکرار
۲۱/۹۶۸۲	۰/۴۱۵	۰/۸۲۹	۲	سن بهره‌برداری (سال)
	۰/۰۱۹	۰/۰۷۶	۴	خطا

جدول شماره ۱۳ - گروه‌بندی میانگین مواد استخراجی صنوبر دلتوئیدس

گروه‌بندی میزان مواد استخراجی	سن بهره‌برداری (سال)
-------------------------------	----------------------

	(میانگین)
۱=۴	۳=۲/۸۵= <b>A</b>
۲=۶	۲=۲/۵۳= <b>B</b>
۳=۱۲	۱=۲/۴۱= <b>B</b>

خاکستر- در جدول شماره ۸ میانگین میزان خاکستر و در جدول شماره ۱۴ نتایج تجزیه و تحلیل آماری آنها خلاصه شده است. باتوجه به جدول شماره ۱۴ مشاهده می شود که اختلاف بین میزان خاکستر درخت صنوبر دلتوئیدس در سه دوره بهره برداری در سطح ۱٪ معنی دار شده است. در جدول شماره ۱۵ گروه بندی میانگین خاکستر این درختان مشاهده می شود.

جدول شماره ۱۴- نتایج تجزیه و تحلیل آماری خاکستر صنوبر دلتوئیدس

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۲/۹۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۲	تکرار
۲۶۹/۶۵	۰/۰۹۳	۰/۱۸۶	۲	دوره بهره برداری (سال)
		۰/۰۰۱	۴	خطا

جدول شماره ۱۵- مقایسه میانگین خاکستر صنوبر دلتوئیدس در سطح ۱٪

سن بهره‌برداری (سال)	گروه‌بندی میزان خاکستر (میانگین)
۱=۴	۱=۰/۶۰= <b>A</b>
۲=۶	۲=۰/۵۵= <b>B</b>
۳=۱۲	۳=۰/۲۸= <b>C</b>

وزن مخصوص خشک: در جدول شماره ۱۶ میانگین وزن مخصوص خشک درخت صنوبر دلتوئیدس خلاصه شده است.

جدول شماره ۱۶- میانگین میزان وزن مخصوص خشک و بحرانی صنوبر دلتوئیدس

وزن مخصوص بحرانی g/cm <sup>3</sup>	وزن مخصوص خشک g/cm <sup>3</sup>	سن درخت (سال)
۰/۳۰۸	۰/۳۳۱	۴
۰/۳۳۱	۰/۳۷۰	۶
۰/۳۳۶	۰/۳۷۶	۱۲

در جدول شماره ۱۷ نتایج تجزیه و تحلیل آماری وزن مخصوص خشک چوب صنوبر دلتوئیدس خلاصه شده است و نشان می‌دهد که اختلاف وزن مخصوص خشک صنوبر دلتوئیدس در سه دوره بهره‌برداری در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. در جدول شماره ۱۸ مقایسه میانگین وزن مخصوص این درختان آورده شده است.

جدول شماره ۱۷- نتایج تجزیه و تحلیل آماری وزن مخصوص خشک چوب صنوبر دلتوئیدس

F	میانگین مربعات	جمع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۱/۷۱	۰۰	۰۰	۹	تکرار
۲۷۳/۲۰	۰/۰۰۶	۰/۰۱	۲	سن بهره‌برداری (سال)
	۰۰	۰۰	۱۸	خطا

جدول شماره ۱۸- مقایسه میانگین وزن مخصوص صنوبر دلتوئیدس سطح ۱٪

سن درخت (سال)	گروه‌بندی وزن مخصوص (میانگین)
۱=۴	$۳=۰/۳۷۶= \mathbf{A}$
۲=۶	$۲=۰/۳۷= \mathbf{B}$
۳=۱۲	$۱=۰/۳۳۱= \mathbf{B}$

وزن مخصوص بحرانی- در جدول شماره ۱۶ نتایج میانگین وزن مخصوص بحرانی و در جدول شماره ۱۹ نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری آنها خلاصه شده است.

جدول شماره ۱۹- نتایج تجزیه و تحلیل وزن مخصوص بحرانی صنوبر دلتوئیدس

F	میانگین مربعات	جمع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
۲/۱۹	۰۰	۰۰	۹	تکرار
۴۹/۷۶	۰/۰۰۲	۰۰	۲	سن درخت (سال)
	۰۰	۰۰	۱۸	خطا

در جدول شماره ۲۰ مقایسه میانگین وزن مخصوص بحرانی صنوبر دلتوئیدس آورده شده است.

جدول شماره ۲۰- مقایسه میانگین وزن مخصوص بحرانی صنوبر دلتوئیدس در سطح ۱٪

سن درخت (سال)	گروه‌بندی وزن مخصوص بحرانی ( $\text{g/cm}^3$ )
۱=۴	$۳=۰/۳۳۶= \mathbf{A}$
۲=۶	$۲=۰/۳۳۱= \mathbf{B}$
۳=۱۲	$۱=۰/۳۰۸= \mathbf{C}$



### استنتاج :

ترکیب شیمیایی، ابعاد الیاف و وزن مخصوص از فاکتورهای مهم مواد لیگنوسلولزی است که نقش مؤثری بر خصوصیات کمی و کیفی خمیر کاغذ و کاغذ تولید شده دارند. هرچه میزان کربوهیدراتها (سلولز و همی سلولزها) بیشتر، طول الیاف بلندتر و وزن مخصوص ماده لیگنوسلولزی چوبی کمتر باشد، خمیرکاغذ تولید شده از کیفیت بهتری برخوردار بوده، هزینه‌های تولید و آلودگیهای محیط زیست کاهش می یابد. در این تحقیق خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و آناتومیکی چوب سه درخت ۴، ۶ و ۱۲ ساله صنوبر دلتوئیدس کلن ۵۵/۷۱ مورد تحقیق قرار گرفته است.

میانگین طول الیاف درخت ۴ ساله بطور متوسط  $1/025$  میلی‌متر، ۶ ساله  $1/177$  میلی‌متر و ۱۲ ساله  $1/299$  میلی‌متر و میانگین قطر الیاف آنها بترتیب  $28/657$  میکرون،  $29/409$  میکرون و  $34/461$  میکرون اندازه‌گیری شده است. ضخامت دیواره الیاف درخت ۴ ساله بطور متوسط  $3/993$  میکرون، ۶ ساله  $4/922$  میکرون و ۱۲ ساله  $6/245$  میکرون تعیین شده است. مشاهده می‌شود که با افزایش سن درخت، طول و قطر الیاف افزایش یافته است که در سطح ۱٪ اختلاف آنها معنی‌دار شده است که علت این افزایش، تکامل اندام درخت و گذر و رسیدن از مرحله جوان چوب به مرحله کامل چوب است. ضریب لاغری، ضریب نرمش و ضریب رانکل این سه درخت در سن بهره‌برداری ۴ ساله بترتیب  $35/78$ ،  $71/86$  و  $38/78$ ، ۶ ساله بترتیب  $40/02$ ،  $67/12$  و  $49/76$  و ۱۲ ساله بترتیب  $37/53$ ،  $63/92$  و  $56/70$  اندازه‌گیری شده است. سپیده‌دم، جواد (۱۳۷۷) ضریب درهم رفتگی (ضریب لاغری)، ضریب نرمش و ضریب مقاومت به پارگی اکالیپتوس کاملدولنسیس رویشگاه جنوب را بترتیب  $51/03$ ،  $38/73$  و  $158/06$  اندازه‌گیری کرده است.

ضریب درهم‌رفتگی و ضریب مقاومت به پارگی این درخت (اکالیپتوس کاملدولنسیس رویشگاه جنوب) بدلیل کمتر بودن قطر الیاف و بیشتر بودن ضخامت دیواره سلولی از مقادیر اندازه‌گیری شده در این بررسی بیشتر است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری ابعاد الیاف نشان می‌دهد که طول الیاف این درختان در مقایسه با طول الیاف سوزنی برگان کوتاهتر بوده و در صورت استفاده از آن به عنوان ماده اولیه تولید کاغذهای با مقاومت مکانیکی زیاد و شکل‌پذیری بهتر لازم است درصدی خمیر کاغذ الیاف بلند به این خمیر کاغذها اضافه شود.

وزن مخصوص خشک و بحرانی این درختان برای درخت ۴ ساله بترتیب ۰/۳۳ و ۰/۳۱ گرم بر سانتیمتر مکعب برای درخت ۶ ساله ۰/۳۷ و ۰/۳۳ گرم بر سانتیمتر و درخت ۱۲ ساله ۰/۳۸ و ۰/۳۴ گرم بر سانتیمتر مکعب اندازه‌گیری شده است. چوب این درختان جزو چوبهای با وزن مخصوص خیلی سبک (پارساژو ۱۳۶۳) به حساب می‌آید و از لحاظ کیفی تولید از این چوب برای کاغذ سازی مناسب به نظر می‌رسد.

سلولز چوب درخت ۴ ساله ۵۱/۳۲ درصد، ۶ ساله ۵۲/۸۴ درصد و ۱۲ ساله ۵۲/۷۸ درصد و لیگنین آنها بترتیب فوق‌الذکر ۰/۲۳/۴۶، ۲۲/۰۲ درصد و ۲۳/۳۵ درصد اندازه‌گیری شده است. سلولز این درختان در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌داری شده است و لیگنین آنها در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد.

صالحی، کامیار (۱۳۷۹) سلولز ممرز را ۴۷/۳٪، راش ۴۷/۶٪، توسکا ۵۲/۴٪، افرا ۵۰/۱٪، بلوط ۴۲/۱٪، نمدار ۵۰/۳٪ و لیگنین ممرز ۲۷/۲٪، افرا ۲۹/۱٪، بلوط ۲۸/۷٪، ملج ۲۹/۹٪ و نمدار ۲۸/۳۱٪ و راش ۲۹/۱٪ را گزارش کرده است. نتایج گزارش شده نشان می‌دهد که درخت صنوبر دلتوئیدس در مقایسه با این پهن‌برگان از سلولز بیشتر و لیگنین کمتری برخوردار است. میزان مواد استخراجی درختان با سن بهره‌برداری ۴، ۶ و ۱۲ سال به ترتیب ۲/۴۱٪، ۲/۵۳٪ و ۲/۸۵٪ و خاکستر آنها به ترتیب ۰/۶، ۰/۵۵ و ۰/۲۷ درصد اندازه‌گیری شده است.

نتایج اندازه‌گیریها نشان می‌دهد که چوب این درختان از الیاف با طول متوسط، سلولز نسبتاً زیاد، لیگنین نسبتاً کم و وزن مخصوص خیلی سبک برخوردار بوده و از آن به عنوان ماده اولیه مناسب در تولید خمیر کاغذ و کاغذسازی می‌توان استفاده کرد. مقادیر اندازه‌گیری شده در سه سن بهره‌برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله بطور تقریب بهم نزدیک بوده و باتوجه به اینکه میزان برداشت چوب درخت با دوره بهره‌برداری ۴ ساله در هکتار بیشتر است (رحمانی، همتی ۱۳۷۷). می‌توان از چوب این درخت به عنوان ماده اولیه لیگنوسلولزی مناسب در تولید انواع خمیر و کاغذ با کیفیت متوسط استفاده کرد. برای افزایش مقاومت‌های مکانیکی این خمیر کاغذ لازم است مقداری خمیر الیاف بلند به آن اضافه شود.

### منابع مورد استفاده:

- ۱- پارسا پژوه، د. ۱۳۶۳. تکنولوژی چوب. انتشارات دانشگاه تهران. شماره انتشار ۱۸۵۱.
- ۲- رحمانی، ر. همتی، ا. ۱۳۷۷. تعیین مناسب‌ترین دوره‌بهره‌برداری صنوبر کلن *Populus deltoides* ۷۷/۵۱. تحقیقات جنگل و صنوبر شماره ۱. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع
- ۳- سپیده‌دم، ج. ۱۳۷۷. بررسی ویژگی‌های خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از چوب اکالیپتوس کاملدولنسیس در دو رویشگاه زاغمرز و فارس. تحقیقات چوب و کاغذ ۵. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
- ۴- صالحی، ک. ۱۳۷۹. بررسی و تعیین ویژگی‌های خمیرکاغذ شیمیایی مکانیکی بازده زیاد از باگاس. تحقیقات چوب و کاغذ ۱۰. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
- ۵- مهربانی، س. ۱۳۷۰. بررسی مقایسه‌ای استفاده از سه کلن صنوبر، کبود بومی کلن ۴۴/۹، دلتوئیدس کلن ۶۹/۵۵ و اورامریکن ۲۱۴ جهت تهیه خمیر کاغذ و کاغذ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.
- ۶- نظرنژاد، ن. ۱۳۷۵. بررسی خصوصیات خمیر و کاغذ با راندمان بالا (CMP) از دو گونه صنوبر دلتوئیدس و اورامریکن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت معلم.
- 7- Franklin, G.L.(1954). A rapid method softening wood for microtome sectioning tropical woods 88-36.
- 8- Marton, R.; Stairs, G.R.;Schreiner, E.J. 1968. In fluence of Growth Rate and clonal Effects in wood Anatomy and Pulping Properties of hybrid poplars TAPPI 51 . 5, 230-5. TAPPI Test method 1992-93.
- 9- Uprichard, J. M. 1971. pulping studies of Newzealand - Grown poplars. Appita 24(1971): 4, 261- 6.