

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

اصلاح سطح پشم با استفاده از تابش اشعه ماوراء بنفش به همراه گاز اوزن جهت رنگرزی آن در دمای پایین

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی نساجی - شیمی و علوم الیاف نساجی

پریسا داوری

استاد راهنما

دکتر اکبر خدایمی

زمستان ۹۰



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته شیمی و علوم الیاف مهندسی نساجی پریسا داوری

تحت عنوان

اصلاح سطح پشم با استفاده از تابش اشعه ماوراء بنفش به همراه گاز اوزن جهت رنگرزی
آن در دمای پایین

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۰۲ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

- | | |
|-----------------------|-------------------------------|
| دکتر اکبر خدامی | ۱ - استاد راهنمای پایان نامه |
| دکتر حسین ایزدان | ۲ - استاد مشاور پایان نامه |
| دکتر محمود فیض | ۳ - استاد داور |
| دکتر فرزانه علی حسینی | ۴ - استاد داور |
| دکتر صدیقه برهانی | سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده |

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
هشت	فهرست.....
۱	چکیده.....
فصل اول: کلیات	
۲	۱-۱ ساختار پشم.....
۲	۱-۱-۱ ساختار شیمیایی پشم.....
۹	۱-۱-۲ ساختار مورفولوژیکی پشم.....
۱۲	۲-۱ ارتباط ساختار سطح پشم و جمع شدگی.....
۱۲	۱-۲-۱ اثر اصطکاک تفاضلی و جمع شدگی ناشی از نمندی شدن.....
۱۳	۲-۲-۱ ضد جمع شدگی پشم.....
۱۶	۳-۲-۱ پروسه کلرین هرکاست و مشکلات محیط زیستی آن.....
۱۷	۴-۲-۱ عمل با پلاسما و کرونا و محدودیت های آن.....
۱۹	۵-۲-۱ تابش اشعه فرابنفش در مجاورت گاز اوزن.....
۲۳	۳-۱ رابطه ساختار سطح پشم و رنگ پذیری.....
۲۳	۱-۳-۱ رنگ های مورد استفاده در رنگرزی پشم.....
۲۴	۲-۳-۱ عوامل سطحی مؤثر در ممانعت از نفوذ رنگ.....
۲۵	۳-۳-۱ رنگرزی پشم در دمای پایین.....
۲۶	۴-۱ رابطه ساختار سطح پشم و قابلیت چاپ آن.....
۲۷	۱-۴-۱ پروسه سایروفلس.....
۲۹	۵-۱ ضرورت انجام تحقیق.....
۳۰	۱-۵-۱ جنبه های اساسی تحقیق.....
فصل دوم: مواد و روش های انجام کار	
۳۱	۱-۲ مقدمه.....
۳۱	۲-۲ مواد مصرفی.....

۳۱	۱-۲-۲ پارچه پشمی.....
۳۱	۲-۲-۲ رنگزاهل.....
۳۲	۳-۲-۲ آب و مواد شیمیایی مصرفی.....
۳۳	۴-۲-۲ وسایل و دستگاهها.....
۳۵	۳-۲-۲ روشها.....
۳۵	۱-۳-۲ شستشوی پارچه پشمی.....
۳۵	۲-۳-۲ مرحله تابش.....
۳۸	۴-۲-۲ آزمونها.....
۳۸	۱-۴-۲ اندازه گیری اندیس سفیدی و زردی.....
۳۹	۲-۴-۲ آبخور شوندگی.....
۳۹	۳-۴-۲ اندازه گیری میزان جمع شدگی حاصل از نمادی شدن.....
۳۹	۴-۴-۲ تعیین قابلیت انحلال پشم در قلیا.....
۴۰	۵-۴-۲ اندازه گیری استحکام نخ تار.....
۴۰	۵-۲ رنگرزی.....
۴۰	۱-۵-۲ سرعت رنگرزی.....
۴۳	۲-۵-۲ ترمودینامیک رنگرزی.....

فصل سوم: بحث و بررسی نتایج

۴۵	۱-۳ مقدم.....
۴۶	۲-۳ مقایسه نتایج بدست آمده از آزمونها و تعیین شرایط بهینه.....
۴۶	۱-۲-۳ بررسی اثر هر روش تکمیلی بر میزان سفیدی و زردی.....
۴۸	۲-۲-۳ بررسی اثر هر روش بر میزان آبخور شوندگی.....
۴۸	۳-۲-۳ بررسی اثر هر روش بر درصد جمع شدگی.....
۵۰	۴-۲-۳ بررسی میزان آسیب دیدگی شیمیایی با توجه به میزان حلالیت پشم در قلیا.....
۵۱	۵-۲-۳ بررسی اثر هر روش بر استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی نخ تار.....
۵۴	۶-۲-۳ جمع بندی نتایج بدست آمده از آزمونها و ارائه شرایط بهینه عمل تکمیلی.....
۵۴	۳-۳ بررسی رفتار رنگرزی.....
۵۵	۱-۳-۳ بررسی اثر عمل تکمیلی بر سرعت رنگرزی با رنگزای اسیدی.....

۲-۳-۳ بررسی اثر عمل تکمیلی بر جذب در حالت تعادل..... ۶۷

فصل چهارم: نتیجه گیری کلی و پیشنهادات

۱-۴ مقدمه..... ۷۱

۲-۴ نتیجه گیری کلی..... ۷۳

۳-۴ پیشنهادات..... ۷۵

پیوست ها..... ۷۷

مراجع..... ۸۳

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۴	شکل ۱-۱: پیوندهای پپتیدی پشم.....
۶	شکل ۱-۲: پیوندهای مهم ساختار کراتینی پشم.....
۸	شکل ۱-۳: لیپیدهای پشم.....
۹	شکل ۱-۴: نمایی شماتیک از ساختار لیف پشم.....
۱۰	شکل ۱-۵: لایه کوتیکل پشم.....
۱۱	شکل ۱-۶: نمایی شماتیک از ماهیت کامپوزینی لیف پشم.....
۱۲	شکل ۱-۷: اثر اصطکاک تفاضلی در پشم.....
۱۷	شکل ۱-۸: مراحل انجام پروسه کلرین / هرکاست.....
۲۱	شکل ۱-۹: تجزیه و تشکیل اوزن.....
۲۵	شکل ۱-۱۰: راه‌های نفوذ رنگ به داخل پشم.....
۳۲	شکل ۲-۱: ساختار شیمیایی رنگزاهای کاربردی.....
۳۶	شکل ۲-۲: دستگاه تابش فرابنفش.....
۳۶	شکل ۲-۳: مشخصات ظاهری لامپ UV مصرفی و شدت تشعشعات آن.....
۳۷	شکل ۲-۴: دستگاه تغلیظ کننده اکسیژن.....
۳۸	شکل ۲-۵: دستگاه مولد اوزن.....
۴۱	شکل ۲-۶: نمودار رنگریزی.....
۴۸	شکل ۳-۱: ساختار شیمیایی رادیکال سیستیل.....
۵۱	شکل ۳-۲: مقایسه استحکام نمونه‌های عمل شده به مدت ۲۰ دقیقه با نمونه شاهد.....
۵۲	شکل ۳-۳: مقایسه مقادیر ازدیاد طول نمونه‌های عمل شده به مدت ۲۰ دقیقه با نمونه شاهد.....
۵۳	شکل ۳-۴: تغییرات در مدول و الاستیسیته نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد.....
۵۶	شکل ۳-۵: منحنی رنگریزی نمونه شاهد و تکمیل شده با رنگزای Acid Red 114 در شرایط نرمال.....
۵۷	شکل ۳-۶: تشکیل کمپلکس فلزی مولکول رنگزای Acid Red 114 با یون‌های فلزی آب.....
	شکل ۳-۷: مقایسه منحنی‌های رنگریزی نمونه‌های شاهد، تکمیلی و تکمیلی شسته شده در رنگریزی با رنگزای
۵۸	Acid Red 114.....

- شکل ۳-۸: منحنی‌های جذب رنگ نمونه‌های رنگ‌شده با رنگزای Acid Red 114 در دماهای پایین تا دمای جوش ۶۰
- شکل ۳-۹: منحنی رنگ‌گری جذب نمونه‌های رنگ‌شده با رنگزای Acid Orange II در دمای 60°C در شرایط بهینه ۶۲
- شکل ۳-۱۰: منحنی رنگ‌گری جذب نمونه‌های رنگ‌شده با رنگزای Acid Red 114 در دمای 90°C در شرایط بهینه ۶۴
- شکل ۳-۱۱: منحنی رنگ‌گری جذب نمونه‌های رنگ‌شده با رنگزای Acid Red 114 در دمای 70°C در شرایط بهینه ۶۵
- شکل ۳-۱۲: مقایسه منحنی‌های رنگ‌گری با رنگزای Acid Red 114 در دو دمای 70°C و 90°C ۶۶
- شکل ۳-۱۳: رابطه میان غلظت و جذب ۶۸
- شکل ۳-۱۴: شرح ترمودینامیکی یک مدل رنگ‌گری ساده و ناپیوسته ۶۹

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۳	جدول ۱-۱: آمینواسیدهای پشم.....
۲۳	جدول ۲-۱: رنگ‌های کاربردی روی پشم و خصوصیات آنها.....
۳۲	جدول ۱-۲: مشخصات رنگزاهای مصرفی در این تحقیق.....
۳۳	جدول ۲-۲: مشخصات مواد شیمیایی بکار رفته در این تحقیق.....
۳۴	جدول ۳-۲: مشخصات دستگاه‌ها.....
۳۶	جدول ۴-۲: سایر مشخصات لامپ UV.....
۴۱	جدول ۵-۲: حمام رنگرزی.....
۴۲	جدول ۶-۲: حمام رنگرزی در شرایط بهینه.....
۴۶	جدول ۱-۳: اندیس زردی نمونه‌ها قبل و پس از عملیات تکمیلی.....
۴۶	جدول ۲-۳: اندیس سفیدی نمونه‌ها قبل و پس از عملیات تکمیلی.....
۴۸	جدول ۳-۳: زمان ترشوندگی نمونه‌ها پس از عمل تکمیلی.....
۴۹	جدول ۴-۳: درصد جمع‌شدگی نمونه‌ها قبل و پس از عملیات تکمیلی.....
۵۰	جدول ۵-۳: درصد انحلال نمونه‌ها در سود ۰/۱ نرمال.....
۵۵	جدول ۶-۳: مقایسه درصد رمق‌کشی نمونه‌های رنگ‌شده با رنگزای Acid Red 114.....
۵۷	جدول ۷-۳: بررسی اثر ترکیبات تشکیل‌شده بر سطح نمونه تکمیلی در رنگرزی با رنگزای Acid Red 114.....
۵۷
۵۹	جدول ۸-۳: مقایسه سرعت رنگرزی نمونه‌ها در رنگرزی با رنگزای Acid Red 114 در دماهای پایین تا جوش...
۶۲	جدول ۹-۳: میزان جذب نمونه‌ها در رنگرزی با رنگزای Acid Orange II در دمای ۶۰°C در شرایط بهینه.....
۶۳	جدول ۱۰-۳: میزان جذب نمونه‌ها در رنگرزی با رنگزای Acid Red 114 در دمای ۹۰°C در شرایط بهینه.....
۶۵	جدول ۱۱-۳: میزان جذب نمونه‌ها در رنگرزی با رنگزای Acid Red 114 در دمای ۷۰°C در شرایط بهینه.....
۶۹	جدول ۱۲-۳: مقادیر محاسبه شده افینیته استاندارد، آنتالپی و آنتروپی برای رنگزای Acid Orange II.....

چکیده

الیاف پشم به دلیل داشتن درصد بالایی از اتصالات عرضی دی سولفیدی در لایه آگروکوتیکل و اسیدهای چرب در سطح، دارای سطحی با ماهیت هیدروفوب هستند که این خاصیت به همراه ساختار فلسی متراکم سطح این الیاف فرآیندهای انجام گرفته روی آن را با مشکل مواجه کرده است. جهت حصول ثبات ابعادی قابل قبول، راندمان رنگی خوب، یکنواختی و درخشندگی در رنگرزی و چاپ پارچه پشمی لازم است که با استفاده از پیش عملیاتی سطح این الیاف اصلاح گردد. استفاده از پیش عملیاتی همچون کلرینه کردن که تولید ترکیبات آلی هالوژن دار قابل جذب در پساب کرده و سبب آلودگی محیط زیست می شود، امروزه با مشکل مواجه شده و از همین روی کاربرد روش های اصلاح سطح خشک که منجر به تولید چنین ترکیباتی نشود در معرض توجه قرار دارد.

در این پروژه اصلاح سطح الیاف موجود در پارچه پشمی با استفاده از عمل تابشی اشعه فرابنفش در مجاورت گاز اوزون انجام شد و رفتار رنگرزی آن از دو جنبه سینتیک (سرعت رنگرزی) و ترمودینامیک رنگرزی (افینیته استاندارد، آنتالپی و آنتروپی رنگرزی) مورد ارزیابی قرار گرفت و امکان رنگرزی آن در دمای پایین تر از جوش نیز بررسی شد. در همین راستا علاوه بر عمل با فرابنفش در مجاورت گاز اوزن، پارچه پشمی تحت عملیاتی همچون تابش فرابنفش، تابش فرابنفش در مجاورت گاز اکسیژن و عمل با گاز اوزن طی مدت زمان های مختلف نیز قرار گرفت و اثر هر روش بر پارامترهایی چون زمان ترشوندگی، مقاومت در برابر جمع شدگی، درصد انحلال در قلیا، اندیس زردی و استحکام ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در اثر تابش ۲۰ دقیقه ای فرابنفش در مجاورت گاز اوزن، پارچه پشمی به بهترین اصلاح سطح ممکن با زمان ترشوندگی سریع و همراه با کمترین صدمات فیزیکی و شیمیایی بر خواص توده الیاف پشم رسیده است؛ بهبود ترشوندگی را می توان به حذف لایه لیپیدی سطح الیاف پشم نسبت داد. همچنین به علت اثرات اصلاح سطح ناشی از این روش درصد جمع شدگی پارچه پشمی به طور چشمگیری کاهش یافت. از طرف دیگر به دلیل ماهیت فرآیندهای تابشی و نیز کوتاه بودن زمان تابش، عمل این روش تکمیلی محدود به سطح بوده و اثر سوء بر استحکام نداشته است. در حالیکه تابش فرابنفش میزان زردی پارچه را افزایش داده، استفاده از اوزن در این فرآیند به دلیل خاصیت سفیدکنندگی اوزن از میزان زردی حاصل از تابش فرابنفش کاسته است.

نتایج رنگرزی پشم عمل شده با فرابنفش در مجاورت گاز اوزن نشان داد که سرعت رنگرزی آن در رنگرزی با رنگزاهای اسیدی میلینگ و یکنواخت شونده نسبت به نمونه عمل نشده افزایش یافته است که علت آن را می توان به تخریب عوامل سطحی مؤثر در نفوذ رنگ، در اثر اصلاح سطح صورت گرفته نسبت داد. نتایج مشابهی نیز در رنگرزی این نمونه با رنگزای میلینگ در دمای پایین مشاهده شد. بررسی های ترمودینامیکی رنگرزی نیز نشان داد که با وجود عدم تغییر میزان افینیته استاندارد، مقادیر آنتالپی و آنتروپی رنگرزی در نمونه عمل شده کاهش یافته که این به معنی نکه داشته شدن بیشتر رنگ در درون لیف پس از رسیدن به حالت تعادل بوده و به عبارت دیگر برهم کنش میان رنگ و لیف افزایش یافته است.

کلمات کلیدی: پشم، اصلاح سطح، تابش فرابنفش در مجاورت گاز اوزن، رفتار رنگرزی، رنگرزی در دمای پایین، رنگزای اسیدی

فصل اول

کلیات

۱-۱ ساختار پشم

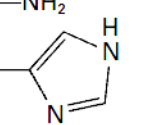

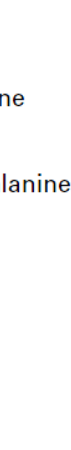
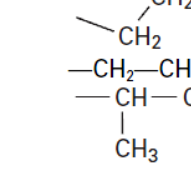
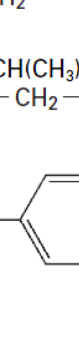
۱-۱-۱ ساختار شیمیایی پشم

الیاف پشم به کلاسی از پروتئین‌ها بنام کراتین تعلق دارند. پشم تمیز از ۸۲٪ پروتئین‌های کراتینی تشکیل شده که دارای مقدار بسیار زیادی سیستین می‌باشد. تقریباً ۱۷٪ این الیاف را پروتئین‌هایی تشکیل می‌دهد که به غیر کراتین موسوم‌اند چرا که نسبتاً از میزان کمی سیستین برخوردارند. الیاف پشم همچنین دارای ۱٪ مواد غیر پروتئینی هستند که قسمت اعظم آن را لیپیدها به اضافه مقدار کمی پلی‌ساکاریدها تشکیل می‌دهند [۱].

۱-۱-۱-۱ آمینواسیدهای پشم

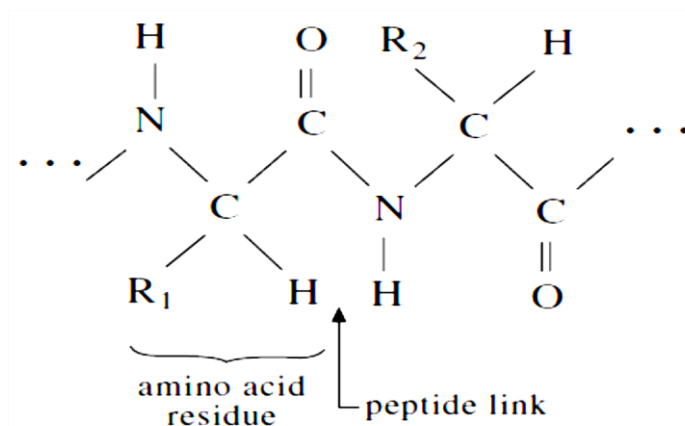
پروتئین‌های پشم حاوی ۲۱ آمینواسید هستند که در جدول ۱-۱ آمده است. دسته‌ای از آنها دارای زنجیره‌های هیدروکربنی غیر قطبی می‌باشند مثل گلايسين، آلانين، فنيل آلانين، والين، ليوسين و ايزوليوسين که دارای فعالیت شیمیایی کم بوده و خاصیت هیدروفوبی متفاوتی دارند. سرین، ترئونین و تیروسین دارای یک گروه هیدروکسیل قطبی در زنجیر جانبی خود می‌باشند بنابراین فعالیت شیمیایی بالاتری مخصوصاً در شرایط قلیایی دارند. آسپارتیک اسید و گلوتامیک اسید دارای گروه‌های عاملی کربوکسیل در زنجیرشان می‌باشند در حالیکه آرژنین و لیسین حاوی گروه‌های عاملی بازی هستند [۲]. دو آمینواسید حاوی گوگرد، متیونین و سیستین می‌باشند. پیوندهای دی-سولفیدی سیستین یکی از حساس‌ترین مکان‌ها به مواد شیمیایی و نور و گرما در پشم است. پرولین و تریپتوفان شامل زنجیره‌های هتروسیکلیک هستند و تریپتوفان یکی از حساس‌ترین آمینواسیدها به واکنش فتوشیمیایی است [۱].

جدول ۱-۱ آمینواسیدهای پشم [۱]

Chemical character of side group	Name and abbreviation	Side chain
'Acidic' amino acids and their ω -amides	Aspartic acid	$-\text{CH}_2-\text{COOH}$
	Glutamic acid	$-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$
	Asparagine	$-\text{CH}_2-\text{CONH}_2$
	Glutamine	$-(\text{CH}_2)_2-\text{CONH}_2$
'Basic' amino acids and tryptophan	Arginine	$-(\text{CH}_2)_3-\text{NHC}(\text{NH}_2)=\text{NH}$
	Lysine	$-(\text{CH}_2)_4-\text{NH}_2$
	Histidine	$-\text{CH}_2-$ 
	Tryptophan	$-\text{CH}_2-$ 
	Amino acids with hydroxyl groups in the side chain	Serine
Threonine		$-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$
Tyrosine		$-\text{CH}_2-$ 
Sulphur-containing amino acids	Cysteine	$-\text{CH}_2-\text{SH}$
	Thiocysteine	$-\text{CH}_2-\text{S}-\text{SH}$
	Cystic acid	$-\text{CH}_2-\text{SO}_3\text{H}$
	Cystine	$-\text{CH}_2-\text{S}-\text{S}-\text{CH}_2-$
	Lanthionine	$-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}_2-$
	Methionine	$-(\text{CH}_2)_2-\text{S}-\text{CH}_3$
Amino acids without reactive groups in the side chain	Glycine	$-\text{H}$
	Alanine	$-\text{CH}_3$
	Valine	$-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$
	Proline	
	Leucine	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$
	Isoleucine	$-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
	Phenylalanine	$-\text{CH}_2-$ 

۱-۱-۲ سیستم پلی پپتیدی پشم

آمینواسیدها از طریق پیوندهای پپتیدی پلیمریزه شده و زنجیرهای پلی پپتیدی را تشکیل می دهند. ساختار کلی پلی پپتیدها در شکل ۱-۱ نشان داده شده است که در آن R_1 و R_2 نشان دهنده گروه های جانبی است که در اندازه و ماهیت شیمیایی متفاوتند [۳].



شکل ۱-۱ پیوندهای پپتیدی پشم [۳]

زنجیرهای پپتیدی توسط پیوندهای عرضی کوالانسی و غیر کوالانسی به یکدیگر متصل اند. پیوندهای دی-سولفیدی، هیدروژنی، و اندروال (هیدروفوبیک) و یونی نشان داده شده در شکل ۱-۲ از مهم ترین باندهای ساختار پشم اند که سبب تشکیل یک شبکه سه بعدی پایدار با حلالیت پایین تر کراتین در مقایسه با سایر پروتئین ها می شود [۱, ۳].

۱-۱-۲-۱ پیوندهای کوالانسی

پیوندهای دی سولفیدی سیستمین هم می توانند بین زنجیرهای مختلف پلی پپتیدی^۱ و هم در داخل یک زنجیر پلی-پپتیدی^۲ ایجاد شوند [۱]. این پیوندها سبب افزایش پایداری شیمیایی ساختار پشم شده، در حالیکه مانع از جذب رنگ آن می شوند؛ همچنین این پیوندها به حملات شیمیایی حساس بوده و شکستن و بازآرایی آنها با استفاده از روش های اصلاح سطح پشم همچون کلرینه یا تابش های پر انرژی امکان پذیر است [۴-۶].

^۱ Inter-chain bonds
^۲ Intra-chain bonds

۱-۱-۱-۲ پیوندهای هیدروژنی

در کراتین پشم چندین احتمال برای ایجاد پیوندهای هیدروژنی وجود دارد بطور مثال میان گروه‌های OH، COOH و NH₂. پیوندهای هیدروژنی همچنین قادرند بین هیدروژن‌های گروه آمید و اکسیژن‌های کربوکسیل زنجیر پتیدی تشکیل شوند. هر پیوند هیدروژنی در مقایسه با پیوند دی‌سولفیدی کووالانس از قدرت کمتری برخوردار است. گرما، نور و آب سبب شکست پیوند هیدروژنی و کاهش پایداری سیستم می‌شوند [۲].

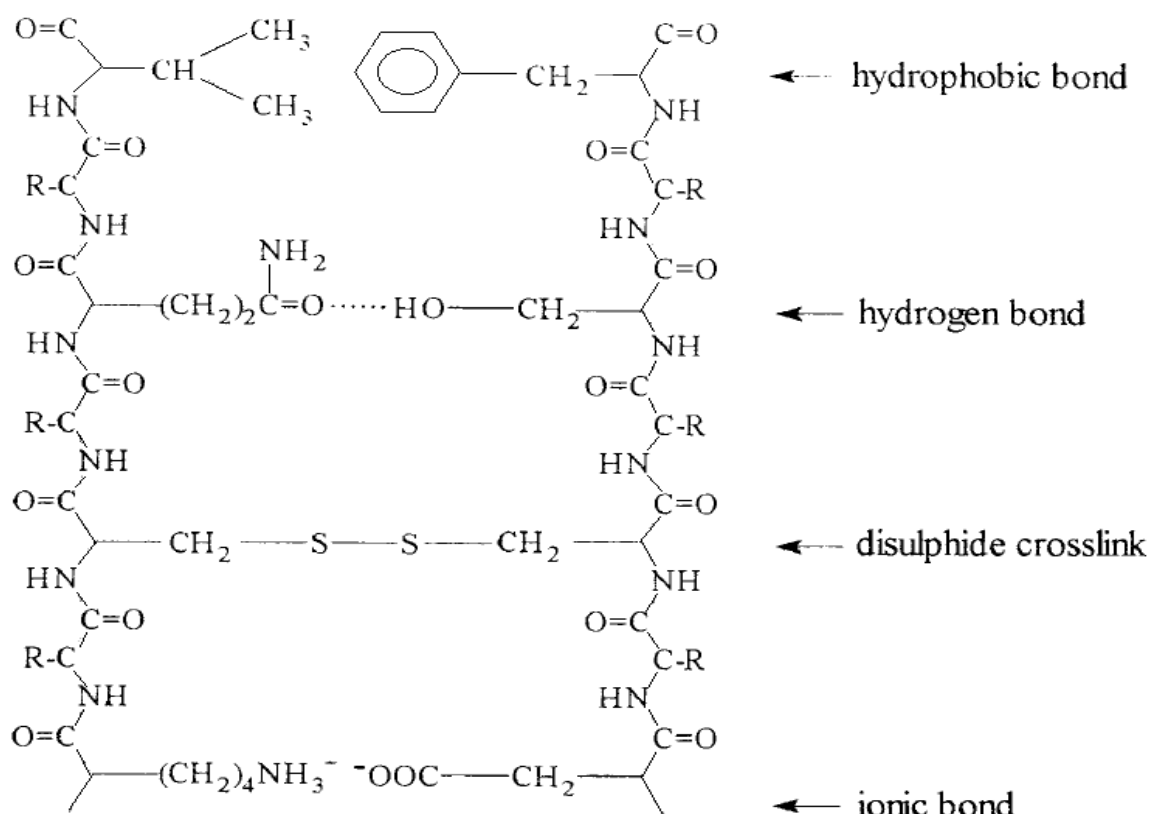
۱-۱-۱-۳ پیوندهای یونی

زنجیرهای پشم تقریباً دارای مقادیر مساوی از گروه‌های آمینو بازی و کربوکسیل اسیدی هستند. زمانیکه گروه‌های آمینو و کربوکسیل یونیزه شده به یکدیگر نزدیک شوند، تشکیل پل‌های الکترواستاتیکی می‌دهند که به پیوندهای یونی و یا اتصالات نمکی معروف‌اند. غلظت پیوندهای یونی به pH بستگی دارد. پیوندهای یونی همچنین در خواص فیزیکی پشم خشک نقش برجسته‌ای دارند اما در اثر جذب آب توسط پشم این پیوندها شکسته می‌شوند [۱، ۲].

۱-۱-۱-۴ پیوندهای واندروالس

پیوندهای هیدروفوبی یا واندروالس از نزدیک شدن دو زنجیر جانبی غیر قطبی به یکدیگر تشکیل می‌شوند. این پیوند در مقاومت مکانیکی کراتین مخصوصاً در آب نقش بسیار مهمی دارد [۱]. مقدار مناطق کریستالی و آمورف پشم بترتیب حدود ۳۰٪ و ۷۰٪ است. مناطق کریستالی الیاف پشم دارای ساختار مارپیچ^۱ بوده که ساختار اصلی لیف را تشکیل می‌دهد، این ساختار پایدار می‌تواند به حالت کشیده شده و غیر پایدار β تبدیل شود. مناطق آمورف نیز دارای همان ساختار مناطق کریستالی است اما به مواد شیمیایی قابل دسترس تر بوده و بنابراین نقش مهمی در واکنش‌دهی الیاف پشم بازی می‌کنند [۱، ۳].

^۱ α-helical



شکل ۱-۲ پیوندهای مهم ساختار کراتینی پشم [۷]

۱-۱-۳ لیپیدهای پشم

حدود ۰/۸ تا ۱ درصد جرم پشم را چربی‌ها تشکیل می‌دهند که شامل استرول‌ها (مثل کلسترول)، اسیدهای چرب، الکل‌های آلیفاتیک و دیول‌های مخلوط شده با زنجیرهای خطی یا شاخه‌ای می‌باشند. میزان این مواد روی پشم بستگی به نژاد گوسفند دارد و برای اغلب پروسه‌ها لازم است که مقدار چربی روی الیاف به کمتر از ۰/۵ درصد برسد [۱]. اسیدهای چرب در پشم نقش مهمی را در کنترل خصوصیات لیف بازی می‌کنند و همانطور که در شکل ۱-۳ نشان داده شده است، به دو دسته تقسیم می‌شوند [۸]:

۱- اسیدهای چرب آزاد که با حلال‌های آلی قابل استخراج هستند و شامل پالمیتیک اسید، استئاریک اسید و اولئیک اسید می‌شوند. این اسیدها در غشاء سلولی^۱ پشم قرار دارند و بستری را برای نفوذ رنگ به درون لیف فراهم می‌کنند.

۲- اسیدهای چرب پایدار که تنها با عملیات قلیایی الکلی قابل استخراج بوده و مهم‌ترین آنها اسید چرب پایدار است بنام 18-MEA^۲ که به صورت کوالانسی از طریق اتصالات تیواستری در سطح سلول‌های

^۱ CMC

کوتیکل قرار گرفته است. این اسید چرب که گاهی به آن لایه اف^۲ نیز گفته می شود کاملاً به سطح چسبیده است و سبب ماهبت هیدروفوبی سطح پشم می شود. در روش های اصلاح سطح، هدف از بین بردن و یا اصلاح این اسید چرب است که بدنبال آن افزایش رنگ پذیری، قابلیت چاپ و ضدنمدی شدن حاصل خواهد شد [۹, ۱۰].

^۲ 18-Methyl Eicosanoic Acid
^۳ Fatty Layer or F-layer

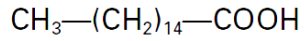
^

Class/Name

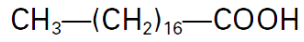
Formula

Fatty acids

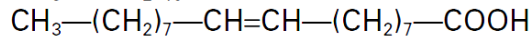
Palmitic acid



Stearic acid

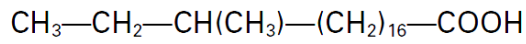


Oleic acid



Protein bound fatty acid

18-Methyleicosanoic acid

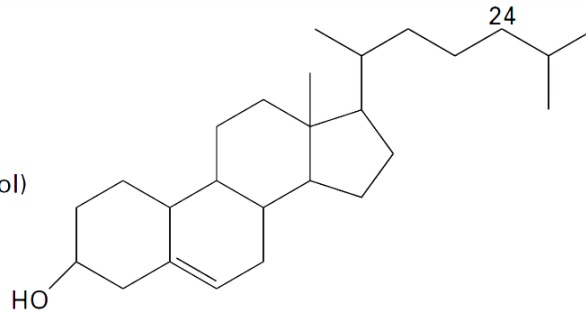


Sterols

Cholesterol

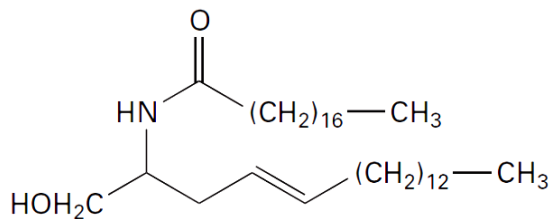
Desmosterol

(= 24-Dehydrocholesterol)

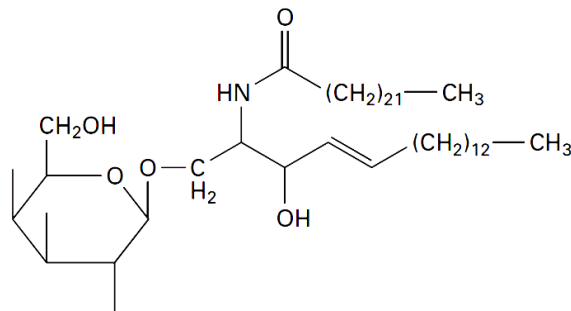


Polar lipids

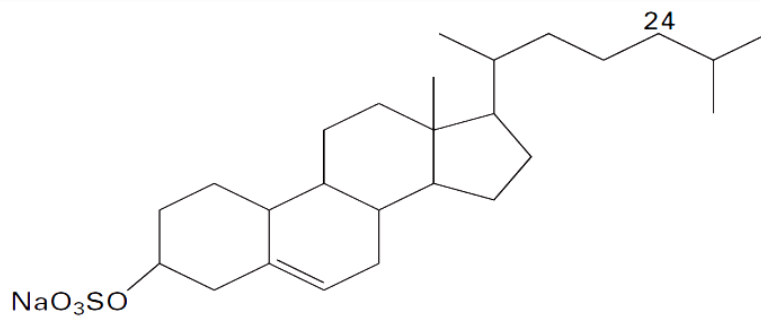
Ceramide



Cerebroside
(Sphingolipid)

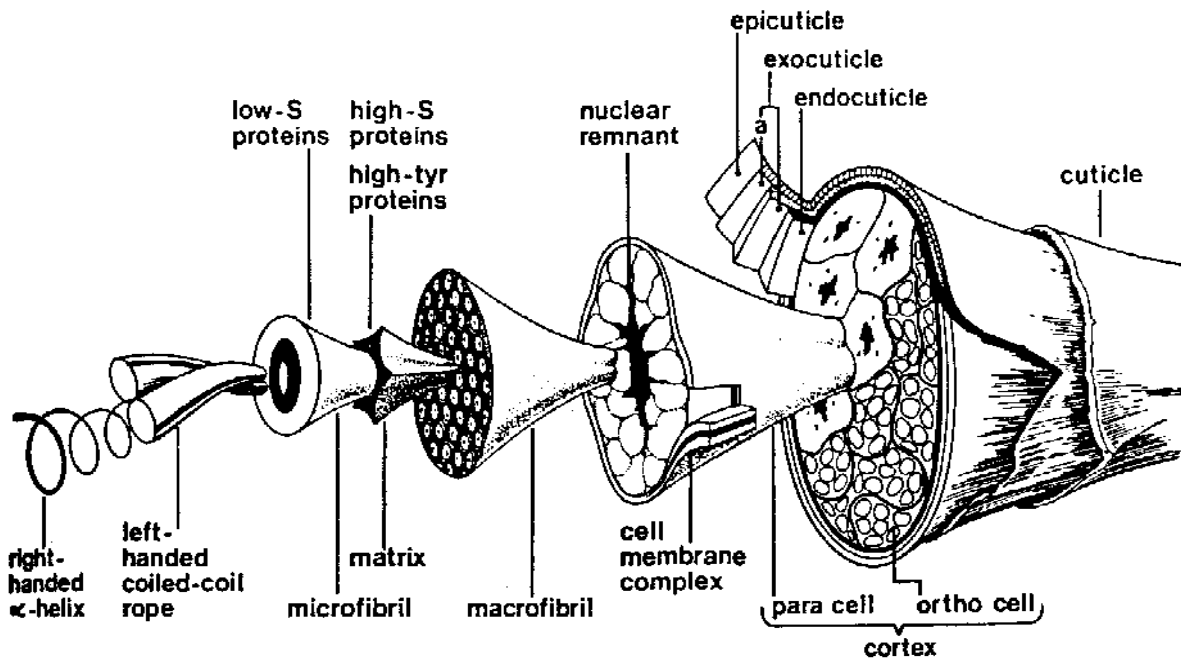


Cholesterol sulfate



۱-۲-۱ ساختار مورفولوژیکی پشم

لیف پشم به شکل استوانه‌ای است با تجعد مارپیچی که بتدریج از ریشه به سمت سر لیف باریک می‌شود. پشم مرغوب دارای دو نوع سلول است، سلول‌های کوتیکل بیرونی و سلول‌های کورتکس درونی. در حالیکه پشم‌های زبر و خشن دارای بخش سومی بنام مدولا نیز می‌باشند. ساختار پیچیده این الیاف در شکل ۱-۴ آمده است [۱].



شکل ۱-۴ شکل شماتیک از ساختار لیف پشم [۱]

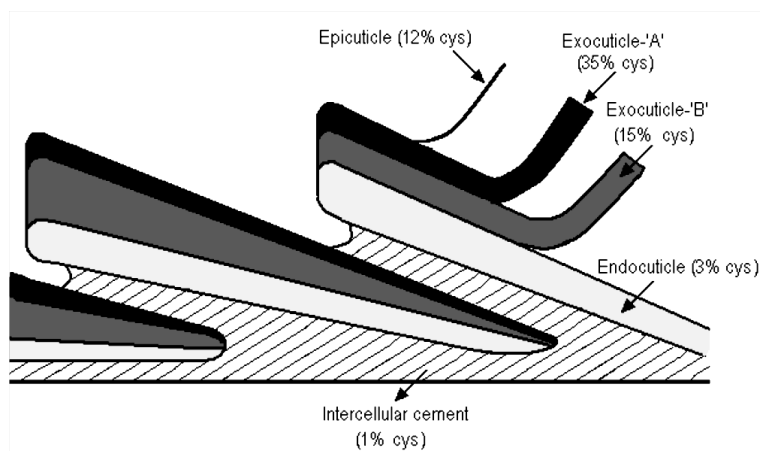
۱-۲-۱-۱ کوتیکل

نزدیک به ۱۰٪ پشم مرغوب را سلول‌های کوتیکل تشکیل می‌دهند. سلول‌های کوتیکل به فرم دوکی شکل در جهت محور لیف آرایش یافته‌اند و نقش مهمی در خصوصیات مثل رطوبت‌پذیری، نمدی شدن، رنگ‌پذیری و قابلیت چاپ پشم دارند. ضخامت لایه کوتیکل حدود ۰/۵ میکرومتر است. همانطور که در شکل ۱-۵ مشاهده می‌شود، این لایه به سه بخش تقسیم می‌شود [۱]:

- اپی کوتیکل: خارجی‌ترین بخش کوتیکل است که حدود ۵ نانومتر ضخامت داشته و ۴۰٪ وزنش را لیپیدها اسید چرب 18-MEA و بقیه را پروتئین‌ها تشکیل می‌دهد. در صورت عمل کردن پشم با پتاسیم t -بوتاکسید در t -بوتانول، لایه اف که حاوی مقدار زیادی اسید چرب C_{21} است، جدا می‌شود.
- اگزوکوتیکل: دقیقاً در زیر اپی کوتیکل قرار گرفته و بخش اعظمی از سلول‌های کوتیکل (حدود ۶۰٪) در برمی‌گیرد. ضخامت این لایه ۰/۳ میکرومتر است و خود به دو زیر لایه a و b تقسیم می‌شود، لایه a سرشار

از گوگرد بوده که از طریق اتصالات دی سولفیدی در آن قرار دارند به عبارت دیگر بخش اعظم سیستم کوتیکل در اگزوکوتیکل است.

- اندوکوتیکل: که در زیر اگزوکوتیکل قرار دارد و ضخامتش حدود ۰/۲ میکرومتر است. اندوکوتیکل نسبتاً دارای میزان اتصالات عرضی پایینی است و به همین دلیل آن را در دسته پروتئین‌های غیر کراتینی قرار می‌دهند. به دلیل مقدار کم سیستمین در کنار میزان بالای آمینواسیدهای قطبی که مابقی آن را تشکیل می‌دهند، اندوکوتیکل در مقایسه با اگزوکوتیکل بیش‌تر در معرض مواد شیمیایی قرار دارد و به لحاظ مکانیکی منطقه ضعیفی از لیف را تشکیل می‌دهد.



شکل ۱-۵ لایه کوتیکل پشم [۷]

۱-۲-۲ کورتکس

۹۰٪ لیف پشم کورتکس است که در زیر لایه کوتیکل قرار دارد و بطور گسترده‌ای در رفتار مکانیکی پشم نقش دارد. دو نوع سلول کورتکس وجود دارد، اورتوکورتکس و پاراکورتکس که در پایداری شیمیایی و سایر خواص باهم متفاوتند. اورتوکورتکس ساختار بازتری داشته و رنگ بیشتری جذب می‌کند و بطور کلی از واکنش-دهی بالاتری با مواد شیمیایی و آنزیم‌ها برخوردار است. اورتوکورتکس و پاراکورتکس در مجاورت هم^۱ قرار دارند و همین سبب تجعد طبیعی الیاف پشم می‌شود [۱, ۳].

سلول‌های کورتیکال تقریباً دارای ۱۰۰ میکرومتر طول و ۳ تا ۶ میکرومتر عرض می‌باشند [۱] و هر سلول بوسیله غشاء سلولی مرکب احاطه شده‌است. سلول کوتیکل دارای چندین ماکرو فیبریل دوکی شکل است و هر

^۱ Side by side