بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی‌تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی نساجی

پایان‌نامه دکتری شیمی و علوم الیاف

بررسی ایزوترم‌های جذب مواد رنگزای اسیدی و دیسپرس بر روی الیاف نایلون با استفاده از اطلاعات انعکاسی

نگارش:

مهدی صفی

استاد راهنما:

دکتر سید حسین امیرشاهی

استاد مشاور:

دکتر محمد امانی تهران

مرداد ۱۳۸۷

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک)

دانشکده مهندسی نساجی

گواهی اتمام رساله

بدینوسیله گواهی میشود پایان نامه پیوست توسط مهدی صفی عنوان رساله :

بررسی ایزوترم های جذب مواد رنگزای اسیدی و دیسپرس بر روی نایلون با استفاده از اطلاعات انعکاسی

به **ارزش ۲۴ واحد** به منظور قسمتی از نیاز های دریافت درجه دکتری در دانشکده مهندسی نساجی د گاه صنعتی امیرکبیر ارائه گردیده است . این پایان نامه نتیجه تحقیقات شخصی نامبرده میباشد که زیر نظر اینجانب **دکتر سید حسین امیرشاهی** و به مشاورت **آقای دکتر محمد امانی تهران** انجام گرفته است .

اساتید راهنما: دکتر سید حسین امیرشاهی

تحقیق فوق در جلسه دفاعیه مورخ ۸۷/ ۶ /۶ به منظور دریافت درجه دکتری مورد بررسی و تایید قرار گرفت .

ممتحنین :

دکتر سیدمجید مرتضوی

دکتر سیامک مرادیان

دکتر حمید مدرس

دکتر رضامحمد علی مالک

ای نسخه اسرار الهی که تویی

وای آینه جمال شاهی که تویی

بیرون زتونیست هرچه در عالم هست

از خود بطلب هرآنچه خواهی که تویی

من تمایل دارم این پروژه را تقدیم کنم به آنان که برای همیشه دوستشان خواهم داشت:

خانواده عزیزم، برای حمایت‌هایشان در رسیدن من به خواسته‌هایم،
استاد عزیزم، پروفسور امیرشاهی، برای راهنمایی و آموزش‌هایش در تربیت من و همچنین بخاطر تشویق‌ها و علاقه‌اش در کار،
و همه عزیزانی که در پیشرفت من از هیچ تلاشی کوتاهی نکرده‌اند.

قدردانی

بر خود لازم می‌دانم از کسانی که مرا در اتمام این تحقیق یاری نمودند قدردانی نمایم. مطمئاً لغت " متشکرم" برای قدردانی از زحمتی که این عزیزان برای من کشیده‌اند کافی نمی‌باشد.

- ✓ **در ابتدا از خدای مهربان سپاسگزارم که توفیق رسیدن به این مرحله را به من عنایت نمود.**
- ✓ **پدرم و مادرم که همیشه دعای خیرشان بدرقه راهم بوده است.**
- ✓ **استاد گرانقدر جناب پروفسور امیرشاهی که هرگز در راهنمایی و تشویق من ذره‌ای کوتاهی نکرند.**
- ✓ **از کلیه اساتید، کارمندان و دوستان عزیزی که در دانشگاه صنعتی امیرکبیر بخصوص دانشکده مهندسی نساجی مرا مورد حمایت خود قرار دادند تشکر می‌کنم.**
- ✓ **در نهایت از مسئولین پژوهشکده صنایع رنگ ایران که حمایت مالی مرا در طول دوران تحصیل متعهد شدند، صمیمانه قدردانی می‌نمایم.**

برای همه این عزیزان آرزوی سلامتی و موفقیت دارم.

چکیده

در این رساله مکانیزم جذب مواد رنگزای دیسپرس و اسیدی توسط الیاف پلی‌آمید (نایلون ٦) در غلظت‌های مختلف با استفاده از اطلاعات جذب سنجی محلول‌های رنگرزی بعنوان روش متداول و کلاسیک مطالعه شده است. ثابت معادلات با استفاده از روش‌های برازش حداقل مربعات خطی و غیرخطی تعیین شده‌اند. در بررسی ارزش آماری معادلات جذب از مجموعه‌ای از آماره‌ها مانند R^2 , χ^2 , CV% و RSS استفاده شده است. همچنین، اهمیت معادلات جذب لانگمویر، فرندولیچ، نرنست و دوحالته برای هر رنگزا با ارزیابی تغییرات عمق رنگی درک شده، بررسی گردیده است.

در ادامه با تعریف مفهوم مقیاس‌پذیری فضای طیفی حاصل از مقادیر انعکاسی در مدل رنگی کیوبلکا–مانک بعنوان یک مدل خطی و بررسی آن در مقادیر مختلف غلظت و طول موج های متفاوت تلاش گردیده است تا طول موج‌های بهینه به منظور توسعه و تعمیم این مدل به غلظت‌های بیشتر و یافتن یک تکنیک منطقی برای تعریف محدوده تا حد ممکن دقیق برای این تابع در منسوجات، معرفی شوند. بدین منظور معیارهایی برای دسته‌بندی طول موج‌ها و انتخاب طول موج‌های مناسب برای گسترش قابلیت این مدل در تخمین غلظت در مقادیر بالاتر ارائه گردیده است. نهایتاً با استفاده از محدوده بدست آمده برای تابع انعکاس تلاش شده است تا ایزوترم جذب حاکم بر رفتار رنگرزی مواد رنگزای بکار گرفته شده در این تحقیق بر روی الیاف نایلون ٦ با کمک اطلاعات انعکاسی نمونه‌های رنگرزی شده بررسی گردد و نتایج با معادله جذب تعیین شده توسط مدل رنگی بیر–لامبرت بعنوان یک روش مرجع و متداول مقایسه شود. همچنین قابلیت مدل رنگی هندسی بعنوان یک مدل غیرخطی در بررسی ظاهر رنگی منسوجات و تخمین غلظت در نواحی مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است.

نتایج این تحقیق نشان داده‌اند که انتخاب نوع آماره و نحوه تعیین پارامترهای معادلات (روش برازش خطی و غیرخطی) در نتیجه‌گیری نهایی به منظور انتخاب مناسبترین ایزوترم بسیار مؤثر می‌باشد. از طرفی انتخاب معادله جذب حاکم بر رفتار رنگزا در شرایط تعادل، به محدوده غلظت‌های بکارگرفته شده بستگی دارد. در صورت استفاده از محدوده غلظت‌های بالا و توجه به ظرفیت اشباع لیف، تحلیل رفتار جذب با تکیه بر معادلات ساده‌ای چون نرنست و لانگمویر ضعیف می‌باشد. بنابراین ایزوترم‌هایی مرکب از چند معادله ساده مانند دوحالته پیشنهاد می‌شود. اما در صورت انتخاب صحیح ناحیه غلظت در منسوجات توسط ارزیابی تغییرات عمق رنگی درک شده، امکان تحلیل رفتار جذب با استفاده از ایزوترم‌های ساده فراهم می‌گردد.

همچنین در پیشگویی غلظت رنگزا با استفاده از تابع کیوبلکا–مانک ضرورتی وجود ندارد که تابع انعکاس طیفی همواره در بزرگترین مقدار خود یعنی در طول موج حداکثر جذب مورد استفاده قرارگیرد. در اینصورت تخمین غلظت در عمق‌های متوسط و سنگین به دلیل انحراف زود هنگام تابع

مذکور از حالت خطی با مقادیر خطای بزرگی همراه خواهد بود. بنابراین در صورت استفاده از طول موج‌های مناسب که در آن رابطه تابع مذکور با غلظت تا محدوده وسیع‌تری خطی می‌باشد، تخمین غلظت در مقادیر بالاتری با خطای قابل قبولی میسر می‌باشد. بر اساس نتایج کسب شده در این رساله در صورت یافتن طول موج‌هایی که مقدار تابع انعکاس در آنها حدود ۱۷ باشد می‌توان پیشگویی غلظت را با خطای ناچیزی انجام داد. با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان انتظار داشت که حداقل تا محدوده‌های میانی غلظت در رنگزاهای تجاری معمول، امکان استفاده از مدل کیوبلکا–مانک به منظور تخمین غلظت رنگزا بجای مدل بیر–لامبرت وجود دارد. در صورت استفاده از چنین روشی می توان علاوه بر سرعت بخشیدن به مطالعه رفتار رنگرزی، بر محدودیت‌های موجود در تخمین غلظت با استفاده از مدل رنگی بیر–لامبرت ازجمله رقیق سازی حمام‌های رنگرزی که یک کار وقت‌گیر بوده و نتایج آن تابع دقت آزمایشگر می باشد، فائق آمد. در بررسی استفاده از داده‌های انعکاسی نمونه‌های رنگرزی شده برای تعیین ایزوترم جذب مواد رنگزای مورد استفاده مشاهده گردید که با انتخاب مناسب ناحیه غلظت و طول موج جذب بهینه، امکان شبیه‌سازی معادله جذب معرفی شده توسط اطلاعات جذب سنجی محلول‌های رنگی تا حد مناسبی فراهم می‌گردد. در بررسی قابلیت مدل هندسی در تخمین غلظت، نتایج نشان داد که با جایگزینی ضریب جذب رنگزا در لیف به جای محلول، امکان بهره‌گیری بهتر از مدل فوق در تخمین غلظت فراهم می‌گردد. در هر حال نتایج حاصله از این تحقیق نشان می‌دهد که مدل هندسی حتی در شکل‌های اصلاح شده نیز علی‌رغم پیچیدگی محاسباتی بیشتری که دارد منجر به کسب نتایج چندان بهتری نمی‌گردد و مدل کیوبلکا–مانک در شرایط تعمیم یافته بواسطه کسب نتایج مناسب و همچنین سادگی در کاربرد، مدل بهینه‌ای برای استفاده از اطلاعات انعکاسی در تخمین غلظت می‌باشد.

کلید واژه‌ها : انعکاس طیفی، ایزوترم جذب، الیاف نایلون، مدل کیوبلکا–مانک، مدل هندسی، مدل بیر–لامبرت، تخمین غلظت.

Key words: spectral reflectance, sorption isotherm, nylon fiber, Kubelka-Munk model, Geometry model, Beer-Lambert model, concentration estimation.

فهرست صفحه

فصل اول: مروری بر مقالات (نظری)

۱-۱- علت انتخاب موضوع ۲

۱-۲- مروری بر نظریه‌ها و تئوری‌های مرتبط با ویژگی رنگی منسوجات ۳

۱-۳- استفاده از اطلاعات انعکاسی در مطالعه رفتار مواد رنگزا ۷

۱-٤- مدل رنگی ۹

۱-٥- نظریه کیوبلکا-مانک ۱۱

۱-٥-۱- تعریف ۱۱

۱-٥-۲- محدودیتهای مدل کیوبلکا-مانک بر روی منسوجات ۱۳

۱-٥-۳- شرایط کاربرد مدل کیوبلکا-مانک بر روی منسوجات ۱۷

۱-٥-۳-۱- اصلاح انعکاس سطحی ۱۷

۱-٥-۳-۲- انعکاس نمونه خود رنگ یا اصلاح اثر بستر ۱۸

۱-٦- مدل هندسی ۲۰

۱-٦-۱- تعریف ۲۰

۱-٦-۲- مفاهیم پایه (اساس نظری)..... ۲۰

۱-٦-۳- فرضیات مدل هندسی ۲٤

۱-٦-٤- کاربردهای مدل هندسی ۲٤

۱-۷- تحلیل خطا در تخمین غلظت ۲٥

۱-۷-۱- منابع خطا در تخمین غلظت با استفاده از اطلاعات انعکاسی ۲۵
۱-۷-۲- شاخص‌های آماری در تجزیه و تحلیل خطا ۲٦
۱-۸- بررسی مکانیزم جذب مواد رنگزای اسیدی و دیسپرس ۲۸
۱-۸-۱- جذب ماده رنگزا و تعادل جذب- اهمیت مطالعه رفتار رنگرزی ۲۸
۱-۸-۲- ایزوترم‌های جذب ساده ۳۰
۱-۸-۲-۱- ایزوترم جذب لانگمویر ۳۱
۱-۸-۲-۲- ایزوترم جذب فرندولیچ ۳٤
۱-۸-۲-۳- ایزوترم جذب نرنست ۳۵
۱-۸-۳- مدل‌های جذب چندگانه ۳۷
۱-۸-۳-۱- ایزوترم جذب دوحالته ۳۹
۱-۸-٤- انتخاب ایزوترم جذب بهینه ٤۰
۱-۸-۵- رنگرزی الیاف نایلون ٤۱
۱-۸-۵-۱- الیاف نایلون ٦ ..... ٤۱
۱-۸-۵-۲- بررسی مکانیزم جذب مواد رنگزای آنیونیکی (اسیدی) بر روی الیاف نایلون ٦ ....٤۳
۱-۸-۵-۳- بررسی مکانیزم جذب مواد رنگزای نانیونیکی (دیسپرس) بر روی الیاف نایلون ٦ ٤۵
۱-۹- اهداف رساله ٤۷

فصل دوم: آزمایش‌ها (تجربی)

۲-۱- مواد مصرفی ۵۰

۲-۱-۱- منسوج ۵۰
۲-۱-۲- مواد شیمیایی ۵۰
۲-۲- وسایل مورد استفاده ۵۱
۲-۳- روش انجام آزمایش‌ها..... ۵۳
۲-۳-۱- عملیات آماده سازی ۵۳
۲-۳-۲- رنگرزی نمونه‌ها- بررسی ایزوترم‌های جذب ٥٤
۲-۳-۲-۱- فرآیند رنگرزی نایلون ٦ با مواد رنگزای اسیدی ۵۵
۲-۳-۲-۲- فرآیند رنگرزی نایلون ٦ با مواد رنگزای دیسپرس ۵۷
۲-٤- تحلیل آماری نتایج ۵۸
۲-٤-۱- شاخص‌های آماری تطبیق معادلات در تحلیل خطا-روشهای ارزیابی اختلاف ۵۸
۲-٤-۲- تکرارپذیری (تعیین دقت تکرار پذیری آزمایشات عملیات رنگرزی) ۵۸
۲-٤-۳- پشت پوشی نمونه‌ها ۵۹

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱- تعیین ایزوترم جذب به روش کلاسیک (جذب سنجی محلول) ٦۲
۳-۱-۱- مواد رنگزای دیسپرس ٦۲
۳-۱-۲- مواد رنگزای اسیدی ٦۹
۳-۲- استفاده از اطلاعات انعکاسی در تحلیل رفتار جذب مواد رنگزا ۷۵
۳-۲-۱- تشخیص ناحیه غلظتی مناسب با استفاده از اطلاعات انعکاسی ۷۵

۳-۲-۱-۱- تشخیص ناحیه غلظتی مناسب برای مواد رنگزای دیسپرس..... ۷۷

۳-۲-۱-۲- تشخیص ناحیه غلظتی مناسب برای مواد رنگزای اسیدی..... ۸۱

۳-۲-۲- تحلیل رفتار جذب مواد رنگزا با استفاده از اطلاعات انعکاسی (روش جایگزین) ۸۷

۳-۲-۲-۱- مدل‌رنگی- ارزیابی قابلیت مقیاس پذیری یک کمیت طیفی ۸۸

۳-۲-۲-۱-۱- شکل‌های طیفی بهنجار شده ۸۹

۳-۲-۲-۱-۲- ضریب پراکندگی برای شکل‌های طیفی بهنجار شده ۸۹

۳-۲-۲-۱-۳- آماره R^2، مربع ضریب همبستگی در برازش خطی ۹۰

۳-۲-۲-۱-٤- روش‌های تخمین غلظت ۹۰

۳-۲-۲-۱-۵- استفاده از مفاهیم تحلیل اجزاء اصلی ۹۲

۳-۲-۲-۲- بررسی امکان تخمین غلظت با مدل رنگی کیوبلکا-مانک ۹۳

۳-۲-۲-۲-۱- بررسی انعکاس سطحی و انعکاس در بستر خود رنگ ۹۳

۳-۲-۲-۲-۲- تعیین ناحیه خطی مناسب - اساس تخمین غلظت ۹۷

۳-۲-۲-۲-۳- گسترش محدوده تخمین غلظت در مدل رنگی کیوبلکا-مانک ۱۰٤

۳-۲-۲-۲-۳-۱- تجزیه و تحلیل رفتار توابع طیفی – بررسی ویژگی مقیاس پذیری ۱۰۵

۳-۲-۲-۲-۳-۲- تعیین مناسبترین محدوده $\left(\frac{K}{S}\right)_{\lambda}$ در تخمین غلظت ۱۱٤

۳-۲-۲-۲-۳-۳- نتایج حاصل از بررسی ایزوترم‌های جذب مواد رنگزا با استفاده از تابع انعکاس ۱۲۱

۳-۲-۲-۲-۳-۳-۱- ارتباط انحراف تابع انعکاس و غلظت حمام باقیمانده ۱۲٤

۳-۲-۲-۲-۳-۳-۲- ارتباط غلظت اولیه و مقدار رنگزا نسبت به وزن کالا ۱۲٦

۳-۲-۲-۲-۳-۳-۳- محاسبه مقدار رنگزای روی لیف ۱۲۷

۳-۲-۲-۲-۳-۳-٤- تعیین ایزوترم جذب ۱۲۷

۳-۲-۲-۳- تخمین غلظت با بکارگیری مدل رنگی هندسی ۱۲۹

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

٤-۱- نتیجه‌گیری ۱۳٦

٤-۲- پیشنهادات ۱۳۹

فهرست مراجع ۱٤۰

پیوست‌ها (ضمائم)..... ۱٤۸

فهرست شکل‌ها **صفحه**

فصل اول: مروری بر مقالات (نظری)

شکل (۱-۱) برهمکنش نور با جسم ٤

شکل(۱-۲) شمایی از یک مدل رنگی ۹

شکل (۱-۳) برخورد نور با یک جسم نیمه‌شفاف ۱۱

شکل (۱-٤) برخورد نور با یک جسم پشت پوش ۱۲

شکل (۱-۵) اثر ظرافت برمیزان انعکاس ۱٤

شکل(۱-٦) اثر پلاریزاسیون سطح بر میزان انعکاس ۱۵

شکل (۱-۷) الگوی ارائه شده برای چیدمان لایه‌های مختلف در پارچه در مدل هندسی ۲۱

شکل (۱-۸) چیدمان الیاف در پارچه در مدل هندسی ۲۱

شکل (۱-۹) نحوه بازتابش و شکست روی جفت لایه اول از پارچه در مدل هندسی ۲۱

شکل(۱-۱۰) برخورد نور با سطح مقطع لیف در مدل هندسی ۲۳

شکل (۱-۱۱) مراحل رنگرزی ۲۸

شکل (۱-۱۲) نمایی از جذب تک لایه ای و چند لایه‌ای ۳۰

شکل (۱-۱۳) مدل جذب لانگمویر ۳۱

شکل (۱-۱٤) روند تغییرات جذب در نواحی مختلف از ایزوترم جذب لانگمویر ۳۲

شکل (۱-۱۵) معادلات خطی ایزوترم لانگمویر ۳۳

شکل (۱-۱٦) ایزوترم جذب نرنست ۳۵

شکل (۱–۱۷) نمایی از ۳ ایزوترم جذب لانگمویر، فرندولیچ و نرنست ۳۶

شکل (۱–۱۸) ارتباط میزان حلالیت بر ایزوترم جذب برای رنگزاهای دیسپرس ۳۷

شکل (۱–۱۹) جذب رنگزای دیسپرس آبی ۳ در دمای ۷۵ °c روی نخ پلی‌آمید ۳۸

شکل (۱–۲۰) فرم معادله جذب دوحالته ٤۰

شکل (۱–۲۱) مکانیزم‌های متفاوت جذب پیشنهاد شده با مواد رنگزای اسیدی ٤۳

فصل دوم: آزمایش‌ها (تجربی)

شکل (۲–۱) ساختار شیمیایی مواد رنگزای اسیدی و دیسپرس بکار رفته ۵۲

شکل (۲–۲) منحنی رنگرزی بکار رفته ۵٦

فصل سوم: نتایج و بحث

شکل (۳–۱) تاثیر دما بر میزان جذب رنگزا در شرایط تعادل بر روی الیاف براق ٦۷

شکل (۳–۲) تغییرات شیب منحنی تغییرات عمق برای رنگزای دیسپرس آبی ۳ .....۷۷

شکل (۳–۳) تغییرات شیب منحنی تغییرات عمق برای رنگزای دیسپرس قرمز ۱ .....۷۸

شکل (۳–٤) تغییرات شیب منحنی اختلاف عمق برای رنگزای دیسپرس زرد ۳ .....۷۸

شکل (۳–۵) تغییرات شیب منحنی تغییرات عمق برای رنگزای اسیدی آبی ۱۲۷ .....۸۲

شکل (۳–٦) تغییرات شیب منحنی تغییرات عمق برای رنگزای اسیدی زرد ۲۵ .....۸۳

شکل (۳–۷) تغییرات شیب منحنی تغییرات عمق برای رنگزای اسیدی سبز ۲۵ .....۸۳

شکل (۳–۸) تغییرات شیب منحنی تغییرات عمق برای رنگزای اسیدی قرمز ۸۵ .....۸٤

شکل (۳–۹) تغییرات λ_{max} در منحنی $\left(\frac{K}{S}\right)$ نسبت به A در برابر غلظت ۹٤

شکل (۳–۱۰) مقایسه مقدار تابع انعکاس در دوحالت انعکاس سطحی کسر و عدم کسر شده .۹٦

شکل (۳–۱۱) نواحی سه گانه برای رفتار تابع انعکاس در برابر غلظت در λ_{max} ۱۰٤

شکل (۳–۱۲) رفتار انعکاس و انتقال طیفی برای رنگزای اسیدی آبی ۱۲۷ در برابر غلظت ۱۰٦

شکل (۳–۱۳) رفتار بهنجار شده انعکاس طیفی برای رنگزای اسیدی آبی ۱۲۷ در برابر غلظت. ۱۰٦

شکل (۳–۱٤) ارتباط بین تابع انتقال با غلظت در طول موج‌های متفاوت (آبی ۱۲۷ و زرد ۳) ...۱۰۷

شکل (۳–۱۵) ارتباط بین تابع انعکاس با غلظت در طول موج‌های متفاوت (سبز ۲۵ و قرمز۱).۱۰۷

شکل (۳–۱٦) منحنی‌های بهنجار شده توابع انتقال (–) و انعکاس طیفی (+) ۱۰۸

شکل (۳–۱۷) منحنی‌های مقادیر مربع ضریب همبستگی (R^2) ۱۰۹

شکل (۳–۱۸) مقادیر درصد پرکندگی حول اولین بردار ویژه ۱۱۰

شکل (۳–۱۹) دقت طیفی تابع انعکاس در نواحی مختلف غلظت ۱۱۱

شکل (۳–۲۰) رفتار خطی تابع انعکاس در برابر غلظت در طول موج‌های مختلف ۱۱۳

شکل (۳–۲۱) مقادیر درصد پرکندگی نقاط حول اولین بردار ویژه برای تعیین نواحی طیفی با ارتباط ضعیف یا نامشخص بین $\left(\frac{K}{S}\right)$ و غلظت ۱۱٦

شکل (۳–۲۲) نواحی مختلف طیفی برای تابع انعکاس از حیث کاربرد ۱۲۰

شکل (۳–۲۳) رفتار طیفی کمیت μ با حفظ اثر بستر خود رنگ.....۱۲۲

شکل (۳–۲٤) رفتار جذب طیفی بستر خود رنگ ۱۲۳

شکل (۳–۲۵) رفتار طیفی کمیت μ با حذف اثر بستر خود رنگ.....۱۲۳

شکل (۳–۲٦) ارتباط تابع انعکاس با غلظت در دو حالت واقعی و ایده‌آل برای آبی ۱۲۷.....۱۲٤

شکل (۳-۲۷) ایزوترم جذب پیشگویی شده با استفاده از اطلاعات انعکاسی.....۱۲۸

شکل (۳-۲۸) فاکتور انعکاس طیفی محاسبه شده با استفاده از مدل هندسی غلظت ۱ درصد ۱۳۰

شکل (۳-۲۹) فاکتور انعکاس طیفی محاسبه شده با استفاده از مدل هندسی غلظت۰/۲ درصد .۱۳۱

شکل (۳-۳۰) فاکتور انعکاس طیفی محاسبه شده با استفاده از مدل هندسی با احتساب ضریب جذب رنگزا در لیف ۱۳۲

فهرست جداول **صفحه**

فصل اول: مروری بر مقالات (نظری)

جدول (۱-۱) کاربرد تئوری‌های محیط‌های کدر در نواحی سه گانه ٦

جدول (۱-۲) تشخیص فرم ایزوترم جذب با استفاده از یک کمیت ثابت بدون بعد ۳۳

جدول (۱-۳) فرم‌های متفاوت خطی معادله جذب لانگمویر ٤٠

فصل دوم: آزمایش‌ها (تجربی)

جدول (۲-۱) مشخصات فیزیکی و شیمیایی الیاف مصرفی ۵۰

جدول (۲-۲) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد رنگزای اسیدی بکار رفته ۵۱

جدول (۲-۳) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد رنگزای دیسپرس بکار رفته ۵۱

جدول (۲-٤) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد شیمیایی بکار رفته ۵۱

جدول (۲-۵) تغییرات غلظت روی لیف با زمان برای رنگزای اسیدی آبی ۱۲۷ .....۵۵

جدول (۲-٦) اختلاف رنگ محاسبه شده بین دو زمان متوالی و تعیین زمان تعادل ۵۵

جدول (۲-۷) شرایط حمام رنگرزی برای مواد رنگزای اسیدی ٥٦

جدول (۲-۸) شرایط حمام رنگرزی برای مواد رنگزای دیسپرس ۵۷

فصل سوم: نتایج و بحث

جدول (۳-۱) پارامترهای معادلات جذب برای رنگزای دیسپرس آبی ۳ بر روی لیف براق ٦۵

جدول (۳-۲) انتخاب معادله جذب بهینه برای مواد رنگزای دیسپرس ٦٦

جدول (۳-۳) مقدار رنگزای جذب‌شده برمبنای مقدار موجود روی لیف ٦٧

جدول (۳-٤) نسبت ثوابت معادله ایزوترم دوحالته برای رنگزای دیسپرس آبی ۳ .....٦٨

جدول (۳-۵) نسبت ثوابت معادله ایزوترم دوحالته برای رنگزای دیسپرس قرمز ۱ .....٦٨

جدول (۳-٦) نسبت ثوابت معادله ایزوترم دوحالته برای رنگزای دیسپرس زرد ۳ .....٦٨

جدول (۳-۷) پارامترهای معادلات جذب برای رنگزای اسیدی آبی ۱۲۷ بر روی لیف براق.....۷۱

جدول (۳-۸) انتخاب معادله جذب بهینه برای مواد رنگزای اسیدی ۷۲

جدول (۳-۹) غظت گروه‌های آمین انتهایی تعیین شده برای الیاف در حالت مات و براق ۷۳

جدول (۳-۱۰) مقدار رنگزای جذب‌شده برمبنای مقدار موجود روی لیف ۷٤

جدول (۳-۱۱) نسبت ثوابت معادله ایزوترم دوحالته برای رنگزای اسیدی آبی ۱۲۷ .....۷٤

جدول (۳-۱۲) نسبت ثوابت معادله ایزوترم دوحالته برای رنگزای اسیدی سبز ۲۵ .....۷۵

جدول (۳-۱۳) تغییرات ΔE^* بر حسب غلظت برای دیسپرس آبی ۳ .....۷۹

جدول (۳-۱٤) تغییرات ΔE^* بر حسب غلظت برای دیسپرس قرمز ۱ .....۸۰

جدول (۳-۱۵) تغییرات ΔE^* بر حسب غلظت برای دیسپرس زرد ۳ .....۸۰

جدول (۳-۱٦) نتایج آماری حاصل از برازش معادله جذب نرنست ۸۱

جدول (۳-۱۷) تغییرات ΔE^* بر حسب غلظت برای اسیدی آبی ۱۲۷ .....۸٤

جدول (۳-۱۸) تغییرات ΔE^* بر حسب غلظت برای اسیدی زرد ۲۵ .....۸۵

جدول (۳-۱۹) تغییرات ΔE^* بر حسب غلظت برای اسیدی قرمز ۸۵ .....۸۵

جدول (۳-۲۰) تغییرات ΔE^* بر حسب غلظت برای اسیدی سبز ۲۵ .....۸٦

جدول (۳-۲۱) نتایج آماری حاصل از برازش معادله جذب لانگمویر ۸٦

جدول (۳-۲۲) مقدار λ_{max} برای مواد رنگزای استفاده شده در محمل آب و لیف ۹٤
جدول (۳-۲۳) حداقل مقدار انعکاس نمونه‌های براق رنگرزی شده در $(\lambda_{max})_{shift}$ ۹۵
جدول (۳-۲٤) حداقل مقدار انعکاس نمونه‌های مات رنگرزی شده در $(\lambda_{max})_{shift}$ ۹۵
جدول (۳-۲۵) ارتباط مقادیر قراردادی برای ضریب GFC با میزان نیکویی برازش ۹۹
جدول (۳-۲٦) حد اطمینان برای آماره‌های R^2 و درصد پراکندگی برای اولین بردار ویژه در تحلیل ناحیه خطی تابع کیوبلکا-مانک با غلظت در λ_{max} برای رنگزا اسیدی آبی ۱۲۷ .....۱۰۰
جدول (۳-۲۷) حد اطمینان برای آماره‌های R^2 و درصد پراکندگی برای اولین بردار ویژه در تحلیل ناحیه خطی تابع کیوبلکا-مانک با غلظت در λ_{max} برای رنگزا دیسپرس آبی ۳ .....۱۰۰
جدول (۳-۲۸) مقادیر حدی پیشنهادی برای آماره‌های مورد استفاده در این تحقیق ۱۰۱
جدول (۳-۲۹) نتایج حاصل از آزمون Qی دیکسون در بررسی ارزش ناحیه خطی ۱۰۲
جدول (۳-۳۰) حداکثر مقدار تابع انعکاس در ناحیه خطی در λ_{max} ۱۰۳
جدول (۳-۳۱) خطای حاصل از تخمین غلظت با استفاده از تابع انعکاس در نواحی سه گانه ..۱۰٤
جدول (۳-۳۲) نواحی طیفی شناسایی شده با قابلیت تعمیم رابطه خطی ۱۱۲
جدول (۳-۳۳) ارتباط فام رنگزا با نواحی طیفی شناسایی شده با قابلیت تعمیم رابطه خطی ۱۱٤
جدول (۳-۳٤) نواحی از منحنی‌های جذب طیفی با ارتباط ضعیف یا نامشخص بین $\left(\frac{K}{S}\right)$ و غلظت ۱۱۵
جدول (۳-۳۵) مقادیر تابع انعکاس در λ_{max} برای نواحی تعمیم یافته ۱۱۸
جدول (۳-۳٦) مختصات نقطه عطف در منحنی درصد پرکندگی نقاط حول اولین بردار ویژه .۱۱۹
جدول (۳-۳۷) مجموعه مواد رنگزای در دسترس برای ارزیابی ارزش حدود تعیین شده ۱۲۰
جدول (۳-۳۸) ارتباط آستانه شروع $C_{residual}$ و حد ناحیه غیرخطی برای تابع انعکاس.....۱۲۵