Research Article

Iranian Journal of Wood and Paper Science Research
Vol. 39, No. 3, Page 181-197 (2024) DOI: 10.22092/ijwpr.2024.362850.1756

Utilizing the Locally Produced Papers as Base Paper for Wallpaper Production

Seyed Mehdi Manzour-olajdad[1*] and Omid Ramezani[2]

1* -Corresponding Author, Ph.D. of Paper Engineering, Lecturer in University of Applied Science and Technology, Tehran, Iran, Email: mmanzour27@gmail.com
2- Assistant Professor, Faculty of New Technologies Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: December 2023 Revised: April 2024 Accepted: June 2024

Abstract

Background and Objectives: Our country has been importing various kinds of wallpaper from different countries for many years. With the increase of foreign exchange problems, the local production of wallpaper and its self-sufficiency has been proposed as a suitable solution. On the other hand, currently, domestic companies are producing paper from white waste paper, which is not justified for use as printing and writing grades due to many problems. However, many companies in the country are producing white grades from white waste paper, the use of which as a base paper in the production of decorative paper or wall paper has not been scientifically investigated. The purpose of this research is to study and investigate the possibility of producing wall paper from recycled white paper produced in the country.

Methodology: The stages of this project were carried out in 6 separate and consecutive phases, which include: 1) determining the quality characteristics of the papers; 2) preparation of coating material formulation with starch as binder; 3) preparation of coating material formulation with latex and starch as binder; 4) coating of papers with the prepared coating formulations ; 5) Coating papers and non-woven fabric (Non-Woven) with polyvinyl chloride (PVC); 6) Application of four-color printing on the selected samples of coated papers. For this purpose, first, samples of papers produced by several Iranian companies were acquired and they were transferred to the laboratory of Biosystems and Bioproducts of Shahid Beheshti University for coating and performing the necessary treatments. In order to perform the mentioned treatment on the paper samples, various chemical substances were used, including calcium carbonate powder, kaolin, titanium oxide, corn starch, latex and PVC powder. With this aim, coating solutions with different percentage of solids were prepared steadily and with trial and error using various combinations of these materials (with a total of 110 and 124 parts). Then, these coated solutions were added on various domestic base papers (mostly recycled). Finally, the image of a flower was printed in four colors on the most desirable coated papers.

Results: In determining the quality characteristics of base papers, including measurements of water absorption, ash content, thickness, permeability to air, tensile strength, tear resistance index and burst resistance index, two paper samples produced by two companies of Pardis Paper and Tabriz paper were selected as the best and considering the amount of ash, Tabriz paper was introduced as the base paper more suitable than other local papers. Further, after applying the coating material, coated papers with a relatively favorable appearance and whiteness percentages

of about 60 to 85 were obtained, and finally, based on the results, a significant relationship was found between the increase in the solids percentage of the coated solutions and the whiteness percentage of the coated paper. Also, after the printing operation on the selected samples, Rasha Superkraft and Tabriz Kraft papers were introduced as the best samples. Also, the highest quality of printing was reached with PVC on Pars white paper with 16% PVC, on whitetop Rasha with 28% PVC and on non-woven fabric (non-woven fabric) with 28% PVC compared to the weight of the paper.

Conclusion: The conclusion of the results of this research are listed below:
A) The best solid percentage of coating solution (concentration of the mixture) was 41-46%.
b) The best combination of binder and pigment, equal to 100 + 12 + 12 = 124 parts and the ratio of the dry weight of the coating mixture added to the dry weight of the base paper is equal to 12%.
c) The highest whiteness obtained by adding calcium carbonate + titanium oxide + starch.
t) The most suitable concentration of starch that can be used in the coating solution is 15%.
c) The best coating and uniform and good coating appearance was obtained on Rasha Superkraft paper with the formula: kaolin + titanium oxide + latex with a whiteness of 77.7% and on Tabriz kraft paper with the formula: kaolin + titanium oxide + latex, with a whiteness of 71.8%. If higher whiteness is desired, using calcium carbonate instead of kaolin would give a better result.

Keywords: Coating, binder, pigment, PVC, printing, nonwoven.

استفاده از کاغذهای تولیدشده داخلی به‌عنوان کاغذ پایه در ساخت کاغذدیواری

سید مهدی منظورالاجداد[۱*] و امید رمضانی[۲]

۱*- نویسنده مسئول، دکترای مهندسی کاغذ از دانشگاه کبک در تراریویر کانادا، مدرس دانشگاه علمی کاربردی، تهران، ایران

پست‌الکترونیک: mmanzour27@gmail.com

۲- استادیار، گروه پالایش زیستی، دانشکده فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: آذر ۱۴۰۲ تاریخ اصلاح نهایی: فروردین ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۴۰۳

چکیده

سابقه و هدف: کشور ما سال‌هاست که انواع کاغذدیواری را از کشورهای مختلف وارد می‌کند. با افزایش مشکلات ارزی، تولید کاغذدیواری در داخل کشور و خودکفایی در تولید این محصول به‌عنوان یک راه‌حل مناسب مطرح شده است. از سوی دیگر، در حال حاضر، شرکت‌های داخلی در حال تولید کاغذ از کاغذ باطله سفید هستند که به‌دلیل مسائل و مشکلات متعدد، استفاده از آن به‌عنوان کاغذ درجه چاپ و تحریر توجیه ندارد. بااین‌حال، شرکت‌های متعددی در داخل کشور در حال تولید درجات سفید کاغذ از کاغذباطله سفید هستند که استفاده از آن به‌عنوان کاغذپایه در تولید کاغذهای زینتی یا کاغذدیواری بررسی علمی نشده است. هدف این پژوهش، مطالعه و بررسی امکان تولید کاغذدیواری از کاغذهای سفید بازیافتی تولید داخل کشور است.

مواد و روش‌ها: مراحل انجام این پروژه درمجموع در ۶ قسمت جداگانه و متوالی انجام شد که شامل این موارد است: ۱) تعیین ویژگی‌های کیفی کاغذها؛ ۲) آماده‌سازی فرمولاسیون ماده اندودکننده با نشاسته به‌عنوان اتصال‌دهنده؛ ۳) آماده‌سازی فرمولاسیون ماده اندودکننده با لاتکس و نشاسته به‌عنوان اتصال‌دهنده؛ ۴) پوشش‌دهی ترکیب مواد اندود بر روی کاغذها؛ ۵) اندود کردن کاغذها و منسوج نبافته (نان وون) با پلی وینیل کلراید (پی‌وی‌سی)؛ ۶) اعمال چاپ چهار رنگ روی نمونه‌های منتخب کاغذهای اندود شد. بدین منظور، ابتدا نمونه‌هایی از کاغذهای تولیدی چند شرکت ایرانی تهیه شد و برای اندود کردن و انجام تیمارهای لازم به آزمایشگاه سامانه‌ها و فراورده‌های زیستی دانشگاه شهید بهشتی منتقل شدند. برای انجام تیمار مذکور، روی نمونه کاغذها از مواد شیمیایی مختلفی شامل پودر کربنات کلسیم، کائولن، اکسید تیتایم، نشاسته ذرت، لاتکس و پودر پی‌وی‌سی استفاده شد که با این هدف اقدام به تهیه محلول‌های اندود با درصد جامدهای متفاوت به‌صورت مرحله‌ای و آزمون و خطا و به‌کارگیری ترکیب‌های متنوعی از این مواد (با مجموع ۱۱۰ و ۱۲۴ قسمت) شد. سپس روی انواع کاغذهای داخلی (اکثراً بازیافتی) این محلول‌های اندود اضافه شدند. در پایان بر روی مطلوب‌ترین کاغذهای اندودشده، تصویر یک گل به‌صورت چهار رنگ چاپ شد.

یافته‌ها: در تعیین ویژگی‌های کیفی کاغذهای پایه شامل اندازه‌گیری‌های جذب آب، میزان خاکستر، ضخامت، نفوذپذیری در برابر هوا، مقاومت در برابر کشش، شاخص مقاومت در برابر پاره شدن و شاخص مقاومت در برابر ترکیدن، دو نمونه کاغذ تولیدی شرکت‌های پردیس کاغذ و کاغذ تبریز به‌عنوان بهترین‌ها انتخاب شدند و با احتساب میزان خاکستر، کاغذ تبریز به‌عنوان کاغذ پایه از دیگر کاغذهای داخلی مناسب‌تر معرفی شد. در ادامه پس از اعمال ماده اندود، کاغذهای اندودشده‌ای با ظاهر نسبتاً مطلوب و با درصدهای سفیدی حدود ۶۰ تا ۸۵ حاصل گردید و نهایتاً براساس نتایج به‌دست آمده، رابطه معنی‌داری بین افزایش درصد جامد محلول‌های اندود و درصد سفیدی کاغذ اندود شده به‌دست آمد. همچنین، پس از عملیات چاپ بر روی نمونه‌های منتخب، کاغذهای سوپر کرافت راشا و کرافت تبریز به‌عنوان بهترین نمونه‌ها معرفی شدند. عالی‌ترین کیفیت چاپ با پی‌وی‌سی بر روی کاغذ سفید پارس با ۱۶ درصد پی‌وی‌سی، بر

روی وایت تاپ راشا با ۲۸ درصد پی‌وی‌سی و بر روی منسوج نبافته (نان وون) با ۲۸ درصد پی‌وی‌سی نسبت به وزن کاغذ به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: جمع‌بندی نتایج حاصل از این پژوهش در ذیل فهرست شده‌اند.

الف) بهترین درصد جامد محلول (غلظت مخلوط) اندود ۴۱-۴۶ درصد

ب) بهترین ترکیب اتصال‌دهنده و رنگدانه، برابر ۱۰۰+ ۱۲ + ۱۲ = ۱۲۴ قسمت و نسبت وزن خشک مخلوط اندود اضافه شده به وزن خشک کاغذپایه برابر ۱۲ درصد

پ) بالاترین سفیدی به‌دست‌آمده با به‌کارگیری کربنات کلسیم + اکسید تیتانیم + نشاسته

ت) مناسب‌ترین غلظت نشاسته قابل استفاده در محلول اندود ۱۵ درصد

ج) بهترین نشست اندود و ظاهر یکنواخت و خوب اندود بر روی کاغذ سوپرکرافت راشا با فرمول: کائولن+ اکسید تیتانیم+ لاتکس با سفیدی ۷۷/۷ درصد و نیز کاغذ کرافت تبریز با فرمول: کائولن+ اکسید تیتانیم + لاتکس، با سفیدی ۷۱/۸ درصد به‌دست آمد. در صورتی که سفیدی بالاتر مورد نظر باشد، استفاده از کربنات کلسیم بجای کائولن نتیجه مطلوب‌تری خواهد داد.

واژه‌های کلیدی: اندود کردن، اتصال‌دهنده (بایندر)، رنگدانه (پیگمنت)، پلی‌وینیل کلراید (پی‌وی‌سی)، چاپ، منسوج نبافته (نان وون).

مقدمه

کشور ما سال‌هاست که انواع کاغذدیواری را از کشورهای مختلفی مانند روسیه، ترکیه و کشورهای اروپایی با خروج ارز فراوان وارد می‌کند. مشکلات ارزی به‌ویژه پس از سال‌ها تحریم، صنعتگران زیادی را به این فکر انداخته تا در جهت تولید کاغذدیواری که از فناوری بالایی در زمینه ویژگی‌های کاغذ پایه و نیز امکانات اندود کردن برخوردارند، اقدام مناسبی برای تولید آن در داخل کشور بنمایند. با توجه به اینکه تولید کاغذ سفید چاپ در داخل کشور از مشکلات زیادی در دهه‌های اخیر برخوردار بوده و همچنان تأمین کافی کاغذ چاپ و تحریر مسئله صنعت چاپ و تحریر کشور است، استفاده از این درجه خاص کاغذ برای تولید کاغذدیواری در داخل کشور توجیه ندارد. با این حال، شرکت‌های متعددی در داخل کشور در حال تولید درجات سفید کاغذ از کاغذ باطله سفید هستند که استفاده از آن به‌عنوان کاغذپایه در تولید کاغذهای زینتی یا کاغذدیواری بررسی علمی نشده است.

کاغذدیواری‌های متداول امروزی می‌توانند از دو یا سه لایه تشکیل شده باشند. در نوع سه لایه، دو لایه اولی بستر پایه چاپ نشده و دیگری لایه سطحی چاپ شده است. بستر پایه در ۳ نوع مختلف کاغذ، الیاف و پارچه وجود دارد، در حالی که لایه سطحی می‌تواند در ۷ نوع مختلف کاغذی، الیافی، پارچه‌ای، برجسته، وینیل، وینیل سنگین و مواد طبیعی طبقه‌بندی شود. لایه نهایی نیز لایه‌ای است که با عملیات اندود کردن (کوتینگ) بر روی کاغذ اعمال می‌شود. در نوع دو لایه، لایه اندود مستقیماً بر روی لایه پایه قرار می‌گیرد (Tutus *et al.*, 2018). بر همین اساس، سه نوع کاغذدیواری وجود دارد (Acar Büyükpehlivan *et al.*, 2018) که عبارت‌اند از: **الف)** کاغذدیواری‌های قابل شستشو (وینیل): پرکاربردترین نوع کاغذدیواری. این نوع کاغذدیواری از لمینیت کردن PVC (پی‌وی‌سی) روی کاغذ لاینر تولید می‌شود. پس از انجام چاپ رنگ و طرح روی سطح روکش پی‌وی‌سی، با استفاده از دستگاهی مخصوص مجهز به استوانه‌های گرم با الگو و بافت مختلف، سطحی برجسته بر روی کاغذدیواری ایجاد می‌شود. استفاده و پوشاندن دیوار با این نوع محصول بسیار آسان بوده و در برابر نور خورشید مقاوم است و می‌توان آن را به‌صورت مرطوب پاک و حتی با برس تمیز کرد؛ **ب)** کاغذدیواری‌های مبتنی بر کاغذ یا به تعبیری کاغذدیواری‌های سنتی: ماده پایه کاغذی است و استفاده از آن بسیار آسان است. می‌توان این نوع کاغذدیواری را با کمی پارچه مرطوب تمیز کرد اما در برابر نور خورشید مقاوم نیست. به‌کار بردن این نوع کاغذدیواری در اتاق نوزادان و کودکان بی‌خطر است، زیرا برای بهداشت و سلامتی هیچ خطری ندارد و دوستدار

محیط‌زیست است؛ پ) کاغذدیواری پارچه‌ای: عموماً این نوع کاغذدیواری از یک ماده خام یا ترکیبی از چندین ماده به دست می‌آید. در سال‌های اخیر منسوجات نبافته (non-woven) بسیار مورد استفاده قرار گرفته است. کیفیت پوشش یا اندود کاغذ تحت تأثیر چهار متغیر اصلی است که عبارت‌اند از: الف) مشخصات و ویژگی‌های موردنظر در کاغذ نهایی، ب) نوع و فرمولاسیون مورد استفاده در ماده پوشش‌دهنده، پ) دستگاه و ماشین‌آلات پوشش‌دهنده و ت) نوع کاغذ پایه مورد استفاده (Hoyland *et al.*, 2018). ساختار منافذ، میزان درجه صافی(Smoothness)، شکل‌گیری (Formation) و میزان درجه آبدوستی کاغذ پایه و نوع ترکیب خمیرسلولزی مورد استفاده همگی از عواملی هستند که کیفیت لایه اندود یا پوشش را بر سطح کاغذ تحت تأثیر قرار می‌دهند (Hedrnan *et al.* 2003). در واقع نه‌تنها عملیات اندود کردن کاغذ قادر به رفع و پوشاندن کامل معایب کاغذپایه نیست بلکه گاهی نواقص ساختاری کاغذ پایه پس از عملیات اندود به شدت تشدید می‌شود (Sood *et al.* 2010). در گذشته گزارش شده است که درجه زبری (Roughness) و میزان جذب سطح کاغذ بر روی گراماژ لایه اندود و قابلیت چاپ کاغذ تأثیر دارد (Shen and Qian, 2012). کاغذهای پایه با توجه به ترکیب شیمیایی و روش تولید خمیرسلولزی متمایز هستند، به‌طوری‌که در دو گروه اصلی کاغذهای مکانیکی و کاغذهای شیمیایی (عاری از چوب) طبقه‌بندی می‌شوند (Engin *et al.* 2022). جایگزینی این دو گروه کاغذپایه با کاغذهای تولید شده از الیاف بازیافتی همواره مورد توجه بوده است (Shenoy and Shetty, 2022 ; El-Sherif *et al.* 2019). پوشیده نیست که همواره بین کاغذپایه و ماده اندودکننده برهم کنش‌های زیادی وجود دارد که پیش‌تر به‌تفصیل بحث شده است (Engström, 2005; Gane and Hooper 1989) و بیان گردیده که با فرمولاسیون مناسب و انتخاب صحیح سایر متغیرهای عملیات اندود کردن کاغذ می‌توان کیفیت نهایی ورقه کاغذ اندودشده را ارتقاء بخشید.

در این رابطه، ایده امکان تولید کاغذدیواری از کاغذهای داخلی در کشور، به‌طورجدی توسط یکی از علاقه‌مندان صنعت کاغذدیواری در سال گذشته مطرح شد که پیرو آن برنامه‌ریزی برای مطالعه و بررسی علمی امکان تولید این نوع کاغذ با استفاده از فرایند اندود کردن کاغذهای داخلی انجام شد که این مقاله گزارشی از نتایج این پژوهش است.

مواد و روش‌ها

مواد

برای انجام این تحقیقات، تعدادی نمونه از کاغذهای (شبه-کرافت، فلوتینگ و سفید) تولیدی در کارخانه‌های داخل کشور (شرکت راشا کاسپین با گراماژ ۱۲۵ در چهار نوع سوپرکرافت، کرافت، شبه کرافت و فلوتینگ؛ مجتمع کاغذسازی تبریز با گراماژ ۱۲۷–۱۲۹؛ شرکت پردیس کاغذ نیشابور در دو نوع کرافت و فلوتینگ با گراماژ ۱۱۲ و ۱۲۹ و مجموعه کاغذ پارس با کاغذ ۷۵ گرمی) متشکل از خمیرکاغذ باطله به همراه درصد معینی از خمیر چوب تهیه شد. مواد شیمیایی مورد نیاز این تحقیق، شامل رنگدانه‌هایی مانند کربنات کلسیم، کائولن، اکسید تیتانیم و اتصال‌دهنده‌هایی مانند نشاسته، لاتکس و نیز پلی وینیل کلراید (پی‌وی‌سی) با گرید صنعتی از کارخانه‌های کاغذسازی داخل کشور تهیه گردید.

روش‌ها

با توجه به ماهیت این پژوهش و نیز حضور اجزای متعدد در ترکیب ماده پوشش‌دهنده، تصمیم بر انجام کار به‌صورت مرحله‌ای و سعی و خطا شد، بدین ترتیب که ابتدا یک نوع کاغذ بازیافتی قهوه‌ای‌رنگ با استفاده از یک ترکیب معین اندود متشکل از رنگدانه‌ها و اتصال‌دهنده‌ها با یک درصد ماده جامد (غلظت) معین اندود شد تا وضعیت و نحوه اندود کردن مناسب و مورد قبول مشخص گردد. سپس در مراحل بعدی بر روی کاغذهای مختلف تیمارهای گوناگونی از اندودهای مختلف با تغییر نوع ترکیب رنگدانه‌ها و اتصال‌دهنده‌ها و نیز تغییر درصدهای جامد مخلوط اندود انجام گردید که هریک از تیمارهای مواد ذکرشده بر روی کاغذهای بازیافتی تولیدی شرکت‌های داخل کشور اعمال شد. پس از یافتن ترکیب‌های

مطلوب‌تر مواد شیمیایی اندودکننده با استفاده از درصد جامدهای مختلف محلول اندود، نمونه‌های کاغذ اندود شده با ظاهری مطلوب‌تر انتخاب شده و درنهایت، روی آنها چاپ چهار رنگ انجام شد و کیفیت چاپ بر روی آن برای استفاده در تولید کاغذدیواری مناسب بررسی شد. در ذیل هریک از مراحل ذکرشده به تفصیل شرح داده شده است.

مرحله اول: تعیین ویژگی‌های کیفی کاغذها

با وجود ارائه مشخصات فنی هریک از کاغذها توسط کارخانه تولیدکننده، به دلیل اطمینان و امکان استناد در بحث علمی نتایج، در ابتدا کلیه ویژگی‌های کیفی کاغذهای پایه تهیه شده در کارخانه‌های داخل کشور براساس استانداردهای موجود اندازه‌گیری شد. این آزمون‌ها شامل گراماژ، ضخامت، خاکستر، جذب آب، مقاومت در برابر ترکیدن، مقاومت در برابر کشش، مقاومت در برابر پاره‌شدن، میزان درجه صافی و میزان مقاومت در برابر عبور هوا هستند.

مرحله دوم: آماده‌سازی فرمولاسیون ماده اندودکننده با نشاسته به‌عنوان اتصال‌دهنده

برای انجام محاسبات مربوط به تعیین درصد جامد اندود و میزان اندود، میزان اختلاط ۱۱۰ قسمت در نظر گرفته شد، به‌طوری‌که ۱۰۰ قسمت کائولن، ۵ قسمت اکسید تیتانیم و ۵ قسمت نشاسته بود. ابتدا از هریک مواد مورد استفاده در انجام عملیات پوشش‌دهی، غلظت مشخصی از سوسپانسیون مطابق جدول شماره ۱ تهیه شد (رنگدانه‌ها شامل تیتانیم در دو غلظت ۱۰ و ۴۰ درصد، کائولن در دو غلظت ۳۰ و ۴۰ درصد، کربنات کلسیم در دو غلظت ۳۰ و ۴۰ درصد و اتصال‌دهنده نشاسته در سه غلظت ۱۰، ۱۲ و ۱۵ درصد) و در ادامه درصد ماده جامد خشک (غلظت) مخلوط‌های تیمارهای اندود محاسبه شد. در تیمارهای شماره ۶-۱ و ۷-۱، غلظت مخلوط‌های کربنات کلسیم، کائولن ۳۰ درصد و اکسید تیتانیم ۱۰ درصد در نظر گرفته شد، در حالی که برای نشاسته دو غلظت ۱۰ و ۱۵ درصد آزمون شد که در این مرحله غلظت کلی محلول اندود به ترتیب به ۲۵/۹ و ۲۶/۵ درصد کاهش یافت. با توجه به اینکه غلظت کلی مخلوط‌ها بیش از اندازه کاهش یافته بود، ازاین‌رو در تیمارهای شماره ۸-۱ و ۹-۱

جدول ۱- شرایط اندود کردن در مرحله اول آزمایش‌ها

Table 1- Coating Conditions in the 1st step of the experiments

Treatment	Paper Type	Fraction (5+5+100=110)			Coating Color Concentration (%)
		Binder	Pigment		
1-1	Rasha-129	Starch15%	Titan40%	Kaolin40%	37.2
1-2	Tabriz-127	Starch15%	Titan40%	Kaolin40%	37.2
1-3	Tabriz-127	Starch15%	Titan40%	Carbonate40%	37.2
1-4	Tabriz-127	Starch10%	Titan10%	Kaolin40%	31.4
1-5	Tabriz-127	Starch10%	Titan10%	Carbonate40%	31.4
1-6	Tabriz-127	Starch15%	Titan10%	Kaolin30%	26.5
1-7	Pars-75	Starch10%	Titan10%	Carbonate30%	25.9
1-8	Tabriz-127	Starch12%	Titan10%	Kaolin40%	32.2
1-9	Pardis-129	Starch12%	Titan10%	Carbonate40%	32.2

دوباره غلظت کربنات کلسیم و کائولن به ۴۰ درصد افزایش یافته و اکسید تیتانیم ۱۰ درصد در نظر گرفته شد، در حالی که غلظت نشاسته به ۱۲ درصد افزایش یافت. یادآوری می‌شود با وجود اینکه یافتن غلظت مناسب برای نشاسته یکی از اهداف این بخش از پژوهش بود، به‌هیچ وجه تهیه مخلوط-های با غلظت بالا (۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) در آزمایشگاه ممکن نشد، زیرا مخلوط نشاسته حتی ۲۰ درصد در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد ژلاتینی و سفت می‌شد و فقط امکان استفاده از مقادیر کم آن در فرمولاسیون ماده اندود به‌عنوان اتصال‌دهنده مقدور بود.

مرحله سوم: آماده‌سازی فرمولاسیون ماده اندودکننده با لاتکس و نشاسته به‌عنوان اتصال‌دهنده

با توجه به نتایج به‌دست آمده، در مرحله دوم مشخص شد که درصد غلظت محلول اندود بین ۲۶ تا ۳۷ درصد، غلظت پایینی است که به‌دلیل حجم آب زیاد همراه با اندود، موجب چروک و متورم شدن کاغذ در هنگام عملیات خشک شدن شد و با وجود داشتن سفیدی نسبتاً خوب حدود ۷۵ تا ۸۵ درصد (بخش نتایج پژوهش)، اما ظاهر کاغذها مطلوب نبوده و لایه اندود خشک شده، به‌راحتی از روی کاغذ جدا می‌شد. این بدان معنا بود که امکان اعمال چاپ مطلوب بر روی ورقه-ها برای استفاده به‌عنوان کاغذدیواری مقدور نبود. ازاین‌رو، در مرحله دوم سعی شد غلظت کربنات کلسیم و کائولن به ۵۰ تا ۶۰ درصد افزایش یافته و عمدتاً از لاتکس به‌جای نشاسته استفاده شود

جدول ۲- شرایط تیمارها و ویژگی‌های کیفی کاغذهای اندود شده در مرحله دوم

Table 2- Treatments Conditions and Quality Properties of Coated papers in the 2nd Step

Treatment	Paper Type	Concentration of Pigments and Binders			Coating Color Concentration (%)
2-1	Tabriz-127	Latex50%	Titan12%	Carbonate40%	33.2
2-2	Tabriz-127	Latex50%	Titan12%	Carbonate40%	33.2
2-3	Tabriz-127	Starch12%	Titan12%	Carbonate60%	33.8
2-4	Tabriz-127	Latex50%	Titan12%	Kaolin60%	42.7
2-5	$Rasha_{Super}$	Latex50%	Titan15%	Carbonate60%	46.1
2-6	$Rasha_{Kraft}$	Latex50%	Titan15%	Carbonate60%	46.1
2-7	$Rasha_{Fluting}$	Latex50%	Titan15%	Carbonate60%	46.1
2-8	$Rasha_{Super}$	Latex50%	Titan12%	Kaolin60%	42.7
2-9	$Rasha_{Super}$	Starch12%	Titan15%	Carbonate50%	41
2-10	$Rasha_{Kraft}$	Starch12%	Titan15%	Carbonate50%	41
2-11	$Rasha_{Kraft}$	Starch15%	_	Kaolin40%	33.9
2-12	$Rasha_{SemiKraft}$	Starch15%	_	Carbonate40%	33.9
2-13	$Pardis_{Kraft}$	Starch15%	_	Carbonate40%	33.9
2-14	$Pardis_{Fluting}$	Starch15%	_	Carbonate40%	33.9
2-15	Tabriz-127	Starch12%	Titan15%	Carbonate50%	32.2
2-16	Tabriz-127	Starch12%	Titan15%	Carbonate50%	31.4
2-17	Tabriz-127	Starch12%	Titan15%	Kaolin40%	33.8
2-18	Tabriz-127	Starch12%	Titan15%	Kaolin40%	37.2

شایان ذکر است که مزایای استفاده از اتصال‌دهنده‌های مصنوعی تکرارپذیری، ثبات قیمت و در دسترس بودن منابع تأمین ذکر شده است. به‌علاوه، پختن یا حل شدن آنها ضروری نیست و عملاً عاری از تخریب باکتریایی هستند (Bax and Sauntson 1972). نسبت لاتکس یا نشاسته به‌عنوان اتصال-دهنده در این مرحله ۱۲ درصد وزن جرمی رنگدانه (کربنات کلسیم یا کائولن) در نظرگرفته شد، به‌طوری‌که میزان اختلاط ۱۲۴ قسمت درمجموع محاسبه شد (۱۰۰ قسمت کائولن یا کربنات، ۱۲ قسمت دی‌اکسید تیتانیم و ۱۲ قسمت لاتکس یا ۱۲ قسمت نشاسته). در مورد کاغذهای اندود شده، ابتدا ۴ تیمار با ترکیب‌های مختلف بر روی کاغذ تبریز انجام شد و بعد از این فرمول ترکیب مواد اندود (۱۰۰+۱۲+۱۲=۱۲۴)، برای دیگر کاغذها مانند سوپرکرافت، کرافت لاینر، فلوتینگ و شبه کرافت راشا و نیز کرافت و فلوتینگ پردیس نیشابور اندودهای مختلفی با غلظت محلول اندود بین ۳۳ تا ۴۶ درصد تهیه شد. شرایط تیمارها در جدول ۲ ارائه شده است.

مرحله چهارم: پوشش‌دهی ترکیب مواد اندود بر روی کاغذها

میزان اندود برای اضافه کردن، در حدود ۱۲ درصد وزن خشک کاغذ در نظر گرفته شد. ازآنجایی‌که سطح کاغذها به اندازه یک ورقه با ابعاد استاندارد کاغذ A4 و با میانگین گراماژ ۱۲۹ و جرمی برابر با ۸,۰۵ گرم بود، استفاده از ۰,۹۷ گرم سوسپانسیون اندود ذکرشده به‌صورت خشک لحاظ شد. برای پوشش‌دهی کاغذ از دستگاه پوشش‌دهنده میله‌ای آزمایشگاهی آزمایشگاه سامانه‌ها و فراورده‌های زیستی دانشگاه شهید بهشتی (ساخت داخل کشور با اقتباس از دستگاه Auto Bar Coater مدل GIST, GBC-A4 متعلق به دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان) استفاده شد. برای پوشش‌دهی یک طرف کاغذ، ۱/۶۴ میلی‌لیتر از مخلوط پوشش با استفاده از سرنگ به ابتدای کاغذ نزدیک میله پوشش‌دهی ریخته شد. سپس مخلوط توسط میله با سرعت ثابت (۵ سانتیمتر بر ثانیه) بر روی کاغذ پخش شد. پس از پوشش‌دهی، به‌منظور جلوگیری از ایجاد چروک، کاغذ از اطراف توسط گیره مهار شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط آزمایشگاه قرار گرفت تا خشک شوند. در مواردی که امکان پخش مناسب ماده اندودکننده بر روی ورقه کاغذ ممکن نبود، از قلم‌موی ظریفی برای پخش اندود بر روی کاغذ استفاده شد. در این پژوهش به دلیل پرهیز از خطا در برآورد بصری، شاخص‌هایی مانند یکنواختی در مقابل غیریکنواختی پوشش (با توجه به دلمه‌ای شدن و تجمع سوسپانسیون اندود به‌راحتی قابل تشخیص است)، میزان چسبندگی لایه اندود به سطح لایه کاغذ، عدم اعوجاج و تغییر شکل کاغذ و استحکام لایه اندود توسط فرد آزمایش کننده ثبت شدند، به‌طوری‌که براساس کیفیت هریک از موارد ذکرشده، ارزیابی کیفی از گروه خیلی بد تا عالی متغیر بود.

مرحله پنجم: اندود کردن کاغذها و منسوج نبافته (نان وون) با پلی‌وینیل کلراید (پی‌وی‌سی)

نظر به اینکه استفاده از پی‌وی‌سی برای اندود کردن کاغذ سفید و منسوج نبافته برای تولید کاغذدیواری در سال‌های اخیر گسترش زیادی یافته و بازار نسبتاً خوبی دارد. در این تحقیق سعی شد تا درصدهای مختلفی از پی‌وی‌سی به‌عنوان مخلوط اندود روی کاغذ سفید ۱۲۷ گرمی کاغذ پارس، وایت تاپ راشا و منسوج نبافته استفاده شود. در این رابطه، مخلوطی با غلظت ۳۰ درصد از پی‌وی‌سی تهیه شد و با درصدهای مختلف (از ۸ تا ۳۶ درصد) نسبت به جرم خشک کاغذ در قالب ۲۰ تیمار بر روی بسترهای مورد نظر اعمال گردید. یادآوری می‌شود به‌منظور دستیابی به ویژگی‌های درخواستی مواد مذکور از نظر استحکام و انعطاف‌پذیری، مطابق با دستورالعمل استاندارد، پی‌وی‌سی با مواد تثبیت‌کننده و منعطف کننده ترکیب شد.

مرحله نهایی: اعمال چاپ چهاررنگ روی نمونه‌های منتخب کاغذهای اندودشده

پس از انتخاب بهترین نمونه‌های کاغذهای اندودشده از نظر ظاهری و کیفی، به کمک یک چاپگر دیجیتالی روی یکایک کاغذها، چاپ چهار رنگ تصویر گلی انجام شد. درگذشته،

بیشتر کاغذدیواری‌ها به‌ویژه در مواردی که دارای طرح‌های پیچیده منظره‌های چندرنگ بودند به‌وسیله چاپگرهای گراور چاپ می‌شدند؛ اما امروزه چاپگرهای دیجیتال (جوهرافشان) از نظر کیفیت به‌خوبی جوابگوی چاپ کاغذدیواری‌ها با تیراژ کمتر هستند و می‌توان با بهره‌گیری از آنها مطلوب‌ترین فرمول اندود و نوع کاغذ را برای چاپ کاغذدیواری انتخاب کرد (Acar Büyükpehlivan *et al.* 2018).

نتایج

تعیین ویژگی‌های کیفی کاغذها

ویژگی‌های کیفی کاغذهای پایه برای کاغذدیواری مهم هستند. ازاین‌رو خصوصیات کاغذهای داخلی مورد استفاده در جدول ذیل آمده است. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، کاغذ راشا در مقایسه با کاغذ تبریز دارای مقاومت در برابر ترکیدن بالاتر، مقاومت در برابر پاره‌شدن بالاتر به‌ویژه در جهت CD، اما مقاومت در برابر کشش کمتر است. درعین‌حال، دارای میزان مقاومت در برابر عبور هوای چهار برابر بیشتر و درصد خاکستر مشابه (حدود ۱۰ درصد) در تهیه کاغذدیواری تأثیرگذار است. نقطه ضعف آن به‌عنوان کاغذ پایه (Base paper)، ضخامت پایین‌تر و میزان جذب آب کمتر در مقایسه با کاغذ تبریز است. در مقایسه کاغذ پردیس و تبریز باید گفت که کاغذ تبریز دارای مقاومت در برابر ترکیدن، مقاومت در برابر پاره‌شدن و مقاومت در برابر کشش نسبتاً بالاتری است. ضمن آنکه دارای میزان مقاومت در برابر عبور هوای بالاتر، جذب آب بیشتر و ضخامت یکسان است که برای تولید کاغذدیواری، بر مبنای ویژگی‌های کاغذ پایه مورد نیاز مناسب‌تر است. تنها اشکال آن درصد خاکستر کمتر است که چندان مطلوب کاغذدیواری نیست، بنابراین به نظر می‌رسد کاغذ تبریز به‌عنوان کاغذ پایه از دیگر کاغذهای داخلی مناسب‌تر است.

جدول ۳- ویژگی‌های کیفی کاغذهای پایه برای اندود

Table 3- Quality Properties of Base paper for Coating

Paper Type	Grammage (g/m^2)	Water Absorption (g/m^2)	Ash Content (%)	Caliper (micron)	Air Permeability (l/m^2s)	Tensile Strength (N/m)		Tear index $mN.m^2/g$		Burst index ($kPa.m^2/g$)
						CD	MD	CD	MD	
Rasha	125	22.7	9.1	155	230	43.97	46.07	18.97	15.72	2.46
Tabriz	129	39.1	10.1	184	54	29.29	56.88	17.67	16.2	2.01
Pars	75	29.1	6	120	116	25.13	39.03	26.07	25.53	2.20
Pardis	112	25.5	1.8	182	76	18.98	87.61	17.14	19.46	2.65

تعیین ویژگی‌های کاغذ اندودشده در مرحله اول آزمایش

نتایج به‌دست آمده در مرحله اول آزمایش‌ها که بر روی کاغذهای مختلف با تغییر در درصدهای جامد اندود انجام شده، در جدول شماره ۴ آمده است. نکته مهم در بررسی کیفیت لایه اندود این است که هنگام اندود کردن با غلطک فولادی، اندود به‌طور بهتری در کاغذ نفوذ کرده و پس از خشک شدن بر روی کاغذ از آن کنده و جدا نشود؛ اما در آزمایش‌ها این مرحله، هنگام بازگشت غلطک فولادی قسمتی از مخلوط اندود روی آن باقی می‌ماند و تمامی اندود به کاغذ اضافه نمی‌شد، از این‌رو محاسبات درستی از مقدار اندود اضافه شده به دست نمی‌آمد. نمونه‌های ۴ و ۵، با وجود آنکه همان مقدار اندود به کاغذ پایه اضافه شده است، مقدار سفیدی در حالتی که محلول اندود با قلم‌مو به کاغذ اضافه شد بیشتر شده (دو سه درصد) و نتیجه بهتری به‌دست آمد. بدین جهت در آزمایش‌ها بعدی تماماً از قلم‌موی ظریفی برای پخش اندود به روی کاغذ استفاده شد که تمامی اندود به‌طور یکنواخت

روی سطح کاغذ قرار گرفت و نتایج به‌مراتب بهتر بود. نکته قابل توجه در این ۹ تیمار آن است که با اضافه کردن نشاسته به‌عنوان اتصال‌دهنده امکان دستیابی حتی به سفیدی تا ۸۵ درصد نیز ممکن بود. ضمن آنکه استفاده از کربنات کلسیم در مقایسه با کائولن، همیشه درصد سفیدی بالاتری به هر نوع کاغذ بازیافتی اندودشده می‌داد. البته باید توجه داشت که درصد سفیدی خیلی بالا برای کاغذدیواری همیشه هم مطلوب نیست و چه‌بسا کاغذدیواری اندودشده با کائولن با چند درصد سفیدی کمتر برای کاغذدیواری مناسب و مطلوب‌تر باشد. از سوی دیگر، با توجه به نتایج باید اظهار داشت که پوشش با کائولن نه‌تنها موجب براق‌تر شدن سطح کاغذ و قابلیت چاپ پذیری بهتر می‌شد، بلکه روشنایی و شفافیت کاغذ تا حد زیادی تابع روشنایی درجه کائولن بود که قبلاً در گزارش دیگری نیز بر تأثیر مشابه کائولن تأکید شده است (Mortazavi *et al.* 2021).

جدول ۴- ویژگی‌های کاغذ اندودشده در مرحله اول آزمایش

Table 4- Quality Properties of Coated Papers of the 1st Step

Treatment	Paper Type	Coating Color Concentration (%)	Whiteness after Coating (%)
1-1	Rasha-129	37.2	69
1-2	Tabriz-127	37.2	59
1-3	Tabriz-127	37.2	68
1-4	Tabriz-127	31.4	68
1-5	Tabriz-127	31.4	73.5
1-6	Tabriz-127	26.5	72.8
1-7	Pars-75	25.9	75.5
1-8	Tabriz-127	32.2	75.2
1-9	Pardis-129	32.2	85

تعیین ویژگی‌های کاغذ اندود شده در مرحله دوم آزمایش

نتایج به‌دست آمده در مرحله دوم آزمایش‌ها که بر روی کاغذهای مختلف با تغییر در درصدهای جامد اندود و نیز جایگزینی بخشی از اتصال‌دهنده نشاسته با لاتکس انجام شده، در جدول شماره ۵ آمده است. در این رابطه، اکثراً نتایج مطلوبی از نظر نشستن خوب و یکنواخت اندود روی کاغذها حاصل شده که در نتیجه، کاغذ اندود شده ظاهری نسبتاً خوب تا عالی پیدا می‌کرد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با وجود اینکه در راشا–شبه کرافت (نمونه ۱۲–۲) بالاترین میزان درجه سفیدی اندازه‌گیری شد اما ظاهر کیفی در درجه کیفی «نسبتاً بد» جای گرفت و در مقابل کاغذ تبریز–۱۲۷ (نمونه ۲–۲) با درجه سفیدی ۷۸ درصد در درجه کیفی «عالی» طبقه‌بندی شد. همچنین مشاهده شد که با وجود درجه صافی بالا در کاغذ پردیس–کرافت (نمونه ۱۳–۲) درجه کیفی «بد» بود. از سوی دیگر، کاغذ تبریز–۱۲۷ (نمونه ۱۷–۲) با داشتن بالاترین مقدار درجه صافی (۲,۱) از ظاهر کیفی خوبی نیز برخوردار بود. کمترین مقدار درجه سفیدی و درجه صافی به ترتیب در نمونه تبریز–۱۲۷ (نمونه ۱۸–۲) و دو نمونه راشا–شبه کرافت (نمونه ۱۲–۲) و راشا–سوپر (نمونه ۹–۲) تعیین شد.

جدول ۵- ویژگی‌های کاغذ اندودشده در مرحله دوم آزمایش

Table 5- Quality Properties of Coated Papers of the 2nd Step

Treatment	Paper Type	Coating Color Concentration (%)	Smoothness	Caliper (micron)	Brightness	Quality Appearance of Coated Paper
2-1	Tabriz-127	33.2	2.3	226	75.9	Good
2-2	Tabriz-127	33.2	3.1	234	78	Excellent
2-3	Tabriz-127	33.8	2.9	248	79.1	Bad
2-4	Tabriz-127	42.7	2.1	253	71.8	Good
2-5	$Rasha_{Super}$	46.1	1.6	225	84.5	Good
2-6	$Rasha_{Kraft}$	46.1	1.4	219	82.4	Good
2-7	$Rasha_{Fluting}$	46.1	1.6	266	81.5	Fairly Good
2-8	$Rasha_{Super}$	42.7	1.7	226	77.7	Good
2-9	$Rasha_{Super}$	41	1.1	278	84.4	Very Bad
2-10	$Rasha_{Kraft}$	41	1.7	259	80.3	Fairly Good
2-11	$Rasha_{Kraft}$	33.9	1.3	265	85.4	Bad
2-12	$Rasha_{SemiKraft}$	33.9	1.1	253	85.5	Fairly Bad
2-13	$Pardis_{Kraft}$	33.9	2	283	84.1	Bad
2-14	$Pardis_{Fluting}$	33.9	1.2	266	88	Bad
2-15	Tabriz-127	32.2	-	-	75.2	Good
2-16	Tabriz-127	31.4	-	-	73.5	Good
2-17	Tabriz-127	33.8	2.1	253	71.8	Good
2-18	Tabriz-127	37.2	-	-	68	Good

براساس سفیدی بالاتر کاغذهای اندودشده و ظاهر خوب کاغذ، نتایج به‌صورت زیر در جدول ۶ دسته‌بندی شده‌اند تا بر رویآنها چاپ چندرنگ انجام گردد و درنتیجه بهترین کیفیت چاپ به‌دست آمده مشخص شود. درمجموع از ۱۸ تیمار، ۱۱ تیمار به ترتیب سفیدی بالاتر و ظاهر کاغذ اندود شده بهتر از A تا K معین که در جدول ۶ قابل مشاهده هستند.

جدول ۶- ظاهر و ویژگی‌های کیفی بهترین کاغذهای اندود شده در مرحله دوم

Table6- Appearance and Quality Properties of the Best Coated papers in the 2nd Step

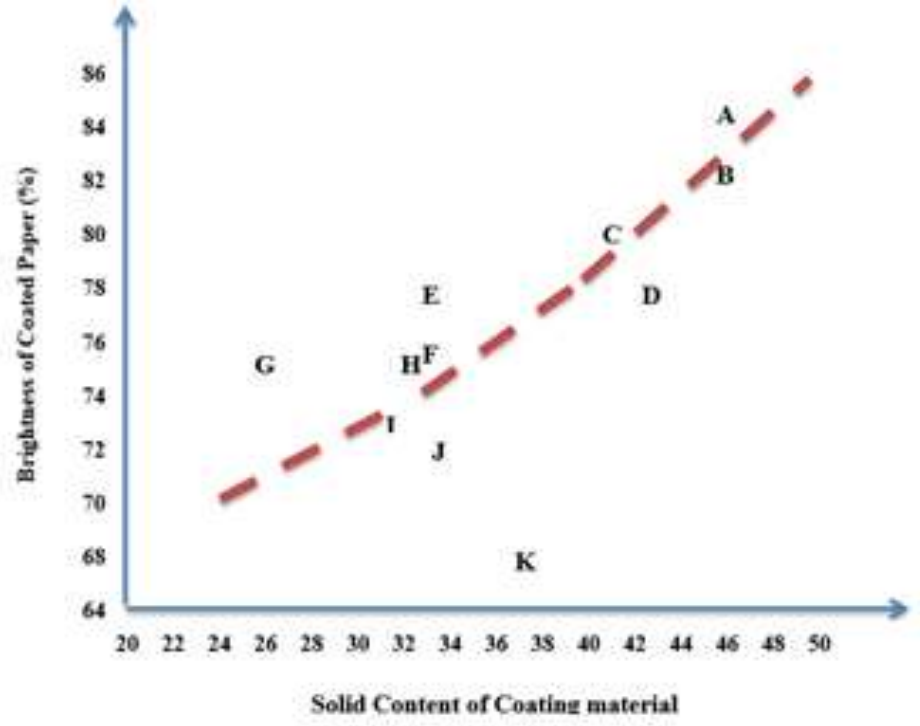
Treatment	Paper Type	Coating Color Concentration (%)	Smoothness (ml/min)	Caliper (micron)	Brightness (%)	Quality Appearance of Coated Paper
A	$Rasha_{Super}$	46.1	1.6	225	84.5	Good
B	$Rasha_{Liner}$	46.1	1.4	219	82.4	Good
C	$Rasha_{Kraftliner}$	41	1.7	259	80.3	Fairly Good
D	$Rasha_{Super}$	42.7	1.7	226	77.7	Good
E	Tabriz127	33.2	3.1	234	78	Excellent
F	Tabriz127	33.2	2.3	226	75.9	Good
G	Pars	26	-	-	75.5	Fairly Good
H	Tabriz127	32.2	-	-	75.2	Good
I	Tabriz127	31.4	-	-	73.5	Good
J	Tabriz127	33.8	2.1	253	71.8	Good
K	Tabriz127	37.2	-	-	68	Good

بحث

نوع کاغذپایه، کیفیت ماده اندود و عملیات اندود کردن درنهایت بر چاپ‌پذیری کاغذ تأثیر می‌گذارد، ازاین‌رو در این بخش دلایل نتایج حاصل در بخش قبل با در نظر گرفتن جزئیات علمی و نیز میزان کیفیت چاپ مورد بحث قرار می‌گیرد. در مورد نتایج ارائه شده در جدول ۵ می‌توان اظهار داشت که در مورد یک نوع کاغذ مثلاً کاغذ تبریز، استفاده از نشاسته به‌جای لاتکس (تیمار ۳-۲) با وجود آنکه سفیدی را تا درصد بالا افزایش می‌داد، اما چسبندگی اندود روی کاغذ بد و نامطلوب بود، یعنی لاتکس استفاده شده، اتصال‌دهنده به‌مراتب بهتری بود. به‌طور کل، استفاده از نشاسته به‌عنوان چسب یا اتصال‌دهنده در عملیات اندود کردن به دلیل معایبی مانند ناپایداری، کهنگی و ویسکوزیته محدود است و برای رفع این نواقص کاربرد نشاسته به‌صورت اصلاح‌شده در حال بررسی و تحقیق است (Wang *et al.* 2013). در مقایسه بین دو رنگدانه مورد استفاده با درصد اکسیدتیتانیم یکسان بر روی یک نوع کاغذ تبریز، سفیدی به‌دست آمده با کائولن که اصولاً ارزان‌تر می‌باشد، به‌طور قطع پایین‌تر از کربنات کلسیم (۷۱,۹ درصد در مقابل ۷۵ و ۷۸ درصد) است. البته یادآوری می‌شود که به‌دلیل تمایل بالای کربنات کلسیم به دلمه‌ای شدن، استفاده از مقادیری مواد پراکنده‌ساز ضروری است، زیرا در غیراین‌صورت بالا بردن مقدار ماده جامد خشک ممکن نیست (Alm, *et al.* 2010)، البته در مورد اندود کردن با رنگدانه‌ها به‌ویژه کربنات کلسیم، اندازه ذرات و توزیع آن نیز از عوامل حائز اهمیت بر ویژگی‌های نوری کاغذ اندود شده ذکر شده است (Kumar *et al.* 2011). سوم اینکه، در بین انواع نمونه‌ها، کاغذ راشای مورد استفاده، بهترین نتیجه (تیمار ۵-۲ با ۸۴,۵ درصد سفیدی) از کاغذ سوپرکرافت و بعد کرافت لاینر حاصل شد. همچنین، هنگامی که از نشاسته به‌جای لاتکس به‌عنوان اتصال‌دهنده استفاده شد، با وجود سفیدی ۸۴,۴ .....؟ بر روی کاغذ سوپرکرافت در تیمار ۹-۲، اما ظاهر کاغذ اندودشده بسیار بد و نامطلوب بوده که عملاً نمی‌توان روی آن چاپ قابل قبولی انجام داد. چهارم اینکه، در تیمارهای ۱۱ تا ۱۴ که اکثراً از اتصال‌دهنده نشاسته، با یا

بدون اکسید تیتانیم، آن‌هم بر روی کاغذهای راشا و پردیس نیشابور استفاده شده، با وجود دستیابی به بالاترین درجه سفیدی، ۸۴ تا ۸۸ درصد و حتی ضخامت بالا که برای کاغذدیواری مطلوب هستند، اما درجه صافی کاغذ پایین‌تر و ظاهر اندود نشسته روی کاغذ بد و حتی بسیار بد بوده، ازاین‌رو این کاغذهای اندودشده هم اصلاً مناسب چاپ نبودند. این بدان معناست که به‌عنوان اتصال‌دهنده مناسب در اندود کاغذهای مورد آزمایش، قطعاً باید از لاتکس به‌جای نشاسته استفاده کرد و به درصد سفیدی کمی پایین‌تر که برای کاغذدیواری مشکل چندانی ایجاد نمی‌کند راضی بود.

همان‌طور که در نمودار ۱ ملاحظه می‌شود، رابطه معنی‌دار بین درصد سفیدی (هر نوع کاغذ بازیافتی اندودشده) با افزایش درصد مقدار ماده جامد سوسپانسیون اندود وجود دارد.



شکل ۱- رابطه بین درصد جامد محلول اندود و درصد سفیدی کاغذهای اندود شده

Figure 1 - Relation between Coating Solution (Solid%) and Brightness (%) of Coated paper

پس از انتخاب بهترین نمونه‌ها از نظر ظاهر خوب کاغذهای اندودشده، به کمک یک چاپگر دیجیتالی (جوهرافشان) روی یکایک آن کاغذها، چاپ چهار رنگ تصویرگلی انجام شده و نتایج در جدول ۷ ارائه شد. برهم کنش مناسب بین کاغذ، جوهر و نوع چاپگر عامل چاپی مناسب است که در این میان پارامترهای فرمولاسیون اندود شامل نوع رنگدانه، نوع اتصال‌دهنده و میزان مصرف آن بر کیفیت چاپ تأثیر چشمگیر دارد (Sönmez and Özden 2019).

جدول ۷- کیفیت چاپ چهاررنگ روی بهترین کاغذهای اندودشده با رنگدانه و اتصال‌دهنده

Table 5- Four Colors Printing Quality on the Best Coated papers by pigments & Binders

Treatment	Paper Type	Brightness (%)	Appearance of Coated Paper	Print Quality of Coated Paper
A	$Rasha_{Super}$	84.5	Good	Normal
B	$Rasha_{Kraftliner}$	82.4	Good	Normal
C	$Rasha_{Kraftliner}$	80.3	Fairly Good	Normal
D	$Rasha_{Super}$	77.7	Good	Excellent
E	Tabriz127	78	Excellent	Normal
F	Tabriz127	75.9	Good	Acceptable
j	Tabriz127	71.8	Good	Very Good
K	Tabriz127	68	Good	Good

در بین تصاویر چاپ شده نمونه‌های کاغذ سوپرکرافت راشا (تیمار D) و کرافت تبریز (تیمار J) کیفیت عالی و خیلی خوب چاپ را ارائه داده‌اند (شکل ۲).

شکل ۲- بهترین نمونه‌های کیفیت چاپ تصویر بر روی کاغذهای سوپرکرافت راشا (سمت راست) وکرافت تبریز اندودشده (سمت چپ)

Figure2- The Best Quality Printing Samples on the Rasha Super kraft (on the right) and Tabriz Kraft Coated papers (on the left)

در ارتباط با مرحله پنجم تحقیق و استفاده از پوشش پی-وی‌سی بر روی کاغذهای سفید، وایت‌تاپ و نان‌وون، از بین ۲۰ تیمار بر روی ۹ مورد از آنها که از نظر ظاهر مناسب و خوب بودند، چاپ چهار رنگ انجام شد که نتایج در جدول ۸ آمده است. قبلاً گزارش شده است که استفاده از منسوجات نبافته به‌عنوان بستر پوشش‌دهی با مقداری نزدیک به ۱۰ درصد در سال رشد می‌کند (Meierhoefer 1987). ازجمله دلایل رشد روزافزون این نوع بستر را می‌توان به عوامل متعددی نسبت داد که عبارتند از: مقاومت در برابر آتش، پایداری ابعادی در دماهای بالا، عدم ساییدگی، ثبات رنگ، مقاومت در برابر کشش و پاره‌شدن بالا، مقاومت در برابر سایش، کاهش چشمگیر لایه‌لایه شدن، کشش‌پذیری، استحکام، یکنواختی، مقاومت در برابر نفوذ سیال، ضد حساسیت و ضد میکروبی بودن (Kane 2010). از سوی

دیگر، در گذشته مشخص شده است که انتشار مونومر وینیل-کلراید در هنگام استفاده در محیط‌های بسته بسیار کمتر از حداکثر مقادیر مجاز است (Howick and McCarthy 1996)، بنابراین با کاهش دغدغه‌های سلامتی برای این ماده، کاربرد آن نیز در حال افزایش است. سه نمونه‌ای که تصویر چاپ شده بر روی آنها دارای کیفیت چاپ عالی بودند (کاغذ پارس با ۱۶ درصد، وایت تاپ راشا و منسوج نبافته با ۲۸ درصد پی‌وی‌سی) در شکل ۳ نشان داده شده‌اند.

جدول ۸- کیفیت چاپ چهاررنگ روی بهترین کاغذهای پوشیده شده با پی‌وی‌سی

Table 6- Four Colors Printing Quality on the Optimum Papers Covered by PVC

Treatment	Paper Type	PVC (g)	PVC (%)	Print Quality
3	Pars127	1.248	16	Excellent
5	Pars127	1.820	24	Good
7	Pars127	2.496	32	Very Good
9	$Rasha_{Whitetop}$	1.760	20	Very Good
10	$Rasha_{Whitetop}$	2.090	24	Good
11	$Rasha_{Whitetop}$	2.440	28	Excellent
16	Nonwoven	1.740	20	Good
18	Nonwoven	2.440	28	Excellent
20	Nonwoven	3.13	36	Very Good

برای دستیابی به کیفیت چاپ مطلوب، باید برهم‌کنش بین جوهر چاپ و سطح کاغذ و نفوذ جوهر به لایه پوشش در نظر گرفته شود. برهم‌کنش بین کاغذ و جوهر به محض تماس آغاز می‌شود و فرایند جذب پس از اولین تماس، پایداری جوهر (ink setting) نامیده می‌شود. پایداری جوهر به عوامل مختلفی مانند ماهیت بستر، ویژگی‌های اندود و فرمولاسیون جوهر بستگی دارد (Kandırmaz, *et al.* 2020).

شکل ۳- بهترین نمونه‌های کیفیت چاپ تصویر بر روی کاغذهای وایت تاپ راشا (سمت راست)، سفید پارس (در وسط) و منسوج نبافته (نان وون) با پوشش پی‌وی‌سی (سمت چپ)

Figure3- The Best Quality Printing on the *Rasha* White-top (on the right), Pars White papers (in the middle) and *Nonwoven* Covered by PVC (on the left)

نتیجه‌گیری

بر مبنای این تحقیق و بررسی علمی که در آزمایشگاه پردیس زیراب شهید بهشتی با هدف تهیه نمونه آزمایشگاهی کاغذدیواری از کاغذهای تولیدی داخل کشور به کمک اندود کردن با پیگمنت‌ها و بایندرهای مختلف و پی‌وی‌سی انجام گردید، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که:

۱- بهترین درصد جامد محلول (غلظت مخلوط) اندود ۴۱-۴۶ درصد

۲- بهترین ترکیب اتصال‌دهنده و رنگدانه، برابر ۱۰۰+ ۱۲ + ۱۲ = ۱۲۴ قسمت و نسبت وزن خشک مخلوط اندود اضافه شده به وزن خشک کاغذپایه برابر ۱۲ درصد

۳- بالاترین سفیدی به‌دست آمده با به‌کارگیری کربنات کلسیم + اکسید تیتانیم + نشاسته

۴- مناسب‌ترین غلظت نشاسته قابل استفاده در محلول اندود ۱۵ درصد

۵- بهترین نشست اندود و ظاهر یکنواخت و خوب اندود بر روی کاغذ سوپرکرافت راشا با فرمول: **کائولن+ اکسید تیتانیم+ لاتکس با سفیدی ۷۷,۷ درصد** و نیز کاغذ کرافت تبریز با فرمول: **کائولن+ اکسید تیتانیم + لاتکس، با سفیدی ۷۱,۸ درصد** به‌دست آمد. در صورتی که سفیدی بالاتر مورد نظر باشد، استفاده از کربنات کلسیم به‌جای کائولن نتیجه مطلوب‌تری خواهد داد.

۶- عالی‌ترین کیفیت چاپ بر روی کاغذهای اندود شده بر روی کاغذهای **سوپرکرافت راشا و کرافت تبریز** حاصل شده است.

۷- عالی‌ترین کیفیت چاپ با پی‌وی‌سی بر روی **کاغذ سفید پارس با ۱۶ درصد** پی‌وی‌سی، بر روی **وایت تاپ راشا با ۲۸ درصد** پی‌وی‌سی و بر روی منسوج نبافته **(نان وون) با ۲۸ درصد** پی‌وی‌سی نسبت به وزن کاغذ به‌دست آمده است.

یادآوری می‌شود که مطلوب‌ترین نتیجه عملی، زمانی به دست خواهد آمد که بر مبنای نتایج تحقیقات آزمایشگاهی ذکرشده، در یک پایلوت صنعتی بر روی حدود ۱۰ تن از کاغذهای مطلوب پیشنهادی، عملیات اندود و خشک کردن انجام شود، سپس چاپ طرح و یا تصویری چهاررنگ بر روی آنها در چاپخانه‌ای به‌صورت رول‌های ۱۰ متری کاغذدیواری انجام شده و در اختیار مصرف‌کنندگان کاغذدیواری قرارداده شود. متعاقباً نتایج پس از استفاده این کاغذدیواری‌های چاپ شده، بر روی دیوارهای داخل ساختمان‌ها، میزان drapability آنها ارزیابی شده و اصلاح نهایی انجام می‌شود.

سپاسگزاری

این تحقیق، با حمایت مالی جناب آقای عابد و به‌ویژه همکاری‌های صمیمانه دوست گرامی، جناب آقای دکتر رسولی گرمارودی، سرکار خانم دکتر رزم‌پور و دانشجویان فوق‌لیسانس آقایان کریمی و حسینی در آزمایشگاه زیست-سامانه‌ها و زیست فراورده‌های دانشگاه شهید بهشتی انجام شد که لازم می‌دانم سپاسگزاری صمیمانه خود را از آنان اعلام نمایم.

منابع مورد استفاده

-Acar Büyükpehlivan, G., Öznaz, D., Bayburtlu, Ç. and Ulusman, L., 2018. Perspective of Printing Industry to the Technical Textiles: Wallpaper. 8th International Istanbul Textile Conference: *Evolution of Technical Textiles*, 14-16 April, pp. 368-373.

-Alm, H.K., Ström, G., Karlström, K., Schoelkopf, J. and Gane, P.A.C., 2010. Effect of excess dispersant on surface properties and liquid interactions on calcium carbonate containing coatings. Nordic Pulp & Paper Research Journal, 25(1), 82-92.

-Bax, J. and Sauntson, B.J., 1972. Polymer emulsions for wallpapers. Pigment & Resin Technology, 1(8), 8-14. DOI: 10.1108/eb040835.

-El-Sherif, Nasser, H.M., Hussin, A.I., Abd El-Wahab, H., Ghazy, M.B.M. and Elsayed, A.E., 2019. Tailoring of mechanical properties and printability of coated recycled papers. Polymer Bulletin, 76, 2965-2990.

-Engin, M., Sönmez, S. and Özden, Ö., 2022. The effects of coating colours on base papers. Pigment & Resin Technology, 51(6), 553-563.

-Engström, G., 2005. Interactions between coating colour and base sheet in pigment coating. In Proc. 13th Fundamental Research Symposium, pp 1011–1073.

618.
-Meierhoefer, A.W., 1987. Nonwovens for Laminated and Coated Products. Journal of Coated Fabrics, 16(4), 258-263. DOI: 10.1177/152808378701600405.
-Mortazavi, F., Resalati, H., Rasouli, S. and Asadpour, G., 2021. Investigation of Industrial Paper Coating with Recycled Kaolin. Journal of Color Science and Technology, 15(2), 117-129.
-Shen, J. and Qian, X., 2012, "Application of fillers in cellulosic paper by surface filling: an interesting alternative or supplement to wet-end addition", BioResources, 7(2), 1385-1388.
-Shenoy, R. and Shetty, P., 2022. New eco-friendly coating formulations for recycled paperboards: Effect on print quality and ink volume consumption. Progress in Color, Colorants and Coatings, 15(3), 175-189.
-Sönmez, S. and Özden, Ö., 2019. The influence of pigment proportions and calendering of coated paperboards on dot gain. Bulgarian Chemical Communications, 51(2), 212-218.
-Sood, Y.V., Sanjay, T., Renu, T., Pande, P.C. and Tandon, R., 2010. Effect of base paper characteristics on coated paper quality. Indian Journal of Chemical Technology, 17(4), 309-316
-Tutus, Ahmet, Ayşe Özdemir, Fatma Bozkurti, Saniye Erkan, Yıldız Birbilen, and Mustafa Cicekler, 2018. "Evaluation of Egg Shells in Wallpaper Production." In 1st. International Technological Sciences and Design Symposium, 1902–9. Giresun-Turkey. Wang, S., Zhang, F., Chen, F., and Pang, Z. (2013). Preparation of a Crosslinking Cassava Starch Adhesive and its Application in Coating Paper. BioResources, 8(3).

DOI: 10.15376/frc.2005.2.1011.
-Gane, P. and Hooper, J., 1989. An evaluation of interactions between coating color and base paper by coating profile analysis. In Fundamentals of Papermaking. Transaction of the 9th Fundamental Research Symposium (pp. 871-893). London: Mechanical Engineering Publications.
-Hedrnan, A., Gron, J. and Rigdahl, M., 2003. Coating layer uniformity as affected by base paper characteristics and coating method. Nordic Pulp & Paper Research Journal, 18(3), 333-343.
-Howick, C.J. and McCarthy, S.A., 1996. Studies of possible chemical emissions from PVC articles used in indoor applications and the effect on indoor air quality. Journal of Vinyl and Additive Technology, 2(2), 134-142. DOI: 10.1002/vnl.10110.
-Hoyland R.W., Howarth P. and Field, R., 1973. Fundamental parameters relating to performance of paper as a base for aqueous coatings. In The Fundamental Properties of Paper Related to its Uses, *Trans. of the Vth Fund. Res. Symp. Cambridge, 1973*, (F. Bolam, ed.), pp 464–491, FRC, Manchester, 2018. DOI: 10.15376/frc.1973.2.464.
-Kandırmaz, E.A., Yenidoğan, S., Aydemir, C. and Karademir, A., 2020. Effect of using calcium carbonate (CaCO3) in surface coating on liquid absorption of paper and some printability parameters. Cellulose Chemistry and Technology, 54 (5-6), 485-493.
-Kane, F., 2010. Nonwoven textiles for residential and commercial interiors. In Applications of Nonwovens in Technical Textiles (pp. 136-159). Woodhead Publishing.
-Kumar, N., Bhardwaj, N.K. and Chakrabarti, S.K., 2011. Influence of particle size distribution of calcium carbonate pigments on coated paper whiteness. Journal of coatings technology and research, 8, 613-