Using a Green Synthetic Hydrogel of Carboxymethyl Cellulose/Urea Oligomer for the Inner Layer of a Protective Cap for Hair Dye with Natural Dyes

Hanieh Hassanabadi and Maryam Sharzehee*

Department of Textile Engineering, Yazd University, Yazd, Iran
* Corresponding author, Email: sharzehee@yazd.ac.ir, hanie.hasanabadi@gmail.com

ABSTRACT

Introduction and Objectives: Growing demand for biocompatible, efficient materials in cosmetic and textile applications has driven the development of functional hydrogels. This study aimed to prepare a stable hydrogel based on carboxymethyl cellulose and a urea-linked oligomer and evaluate its application in a protective dyeing cap for natural hair-coloring processes.

Materials and Methods: hydrogels were prepared in aqueous media using different weight ratios and cured at 70°C for 2 h. A urea-based oligomer was synthesized in the melt state using urea, sulfamic acid, and phosphorous acid at 140°C. The structure and morphology of the hydrogels were characterized using Fourier-transform infrared spectroscopy, scanning electron microscopy, energy-dispersive X-ray analysis, and ion chromatography. The performance of the hydrogel was evaluated within a washable protective cap designed for dyeing wool fibers with henna paste.

Results: The prepared hydrogel exhibited a gel fraction of 50% and a swelling capacity of approximately 30 times greater than its initial weight. The results confirmed the formation of a three-dimensional polymer network. The hydrogel was non-toxic and demonstrated favorable antibacterial properties. The use of a hydrogel-containing cap enhanced dye uptake and improved dyeing quality. Color differences among the samples based on a*, b* and L* colorimetric parameters were clearly perceptible after 30 min and evaluated using the International Commission on Illumination system.

Conclusion: The developed biocompatible superabsorbent hydrogel demonstrated desirable swelling, antibacterial, and structural properties, making it suitable for cosmetic and personal care applications. Its incorporation into a dyeing cap improved natural dyeing performance by retaining moisture and heat and preventing dye leakage, thereby enhancing dyeing quality.

Keywords: Hydrogel, Carboxymethyl cellulose, Urea oligomer, Cross-linking, Antibacterial, Dye uptake.

استفاده از هیدروژل سنتزی سبز کربوکسی‌متیل سلولز/ اوره جهت لایه داخلی کلاه محافظ رنگ مو با رنگینه‌های طبیعی

هانیه حسن‌آبادی و مریم شرزه‌ئی*

دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

***نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: sharzehee@yazd.ac.ir**

نسخه پیش از انتشار

چکیده

مقدمه و اهداف: افزایش تقاضا برای مواد زیست‌سازگار و کارآمد در صنایع آرایشی و نساجی، توسعه هیدروژل‌های عملکردی را ضروری ساخته است. هدف این پژوهش، تهیه یک هیدروژل پایدار بر پایه کربوکسی‌متیل سلولز و الیگومر دارای پیوند اوره و بررسی کاربرد آن در کلاه محافظ رنگرزی برای بهبود فرایند رنگ‌آمیزی طبیعی مو می‌باشد.

مواد و روش‌ها: هیدروژل‌ها با نسبت‌های وزنی مختلف در محیط آبی تهیه و به‌مدت دو ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد عمل‌آوری شدند. الیگومر اوره‌ای با استفاده از اوره، سولفامیک اسید و فسفروس اسید در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد سنتز شد. ساختار و مورفولوژی هیدروژل‌ها با استفاده از طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه، میکروسکوپ الکترونی روبشی، آنالیز پراکندگی انرژی پرتو ایکس و کروماتوگرافی یونی بررسی شد. عملکرد هیدروژل در کلاه محافظ قابل شستشو برای رنگرزی الیاف پشم با خمیر حنا ارزیابی گردید.

یافته‌ها: هیدروژل تهیه‌شده، دارای فاکتور ژل ۵۰ درصد و ظرفیت تورم حدود ۳۰ برابر وزن اولیه بود. نتایج حاصل‌شده شکل‌گیری شبکه پلیمری سه‌بعدی را تأیید کرد. هیدروژل غیرسمی بوده و خواص ضدباکتریایی مطلوبی نشان داد. استفاده از کلاه حاوی هیدروژل موجب افزایش جذب رنگ و بهبود کیفیت رنگرزی شد. اختلاف رنگ نمونه‌ها، بر اساس پارامترهای رنگ‌سنجی a^*، b^* و L^* بعد از گذشت ۳۰ دقیقه کاملا محسوس و با سیستم پارامترهای رنگی ارزیابی گردید.

نتیجه‌گیری: هیدروژل زیست‌سازگار سوپرجاذب تولیدی، با ظرفیت تورم بالا و خواص ضدباکتریایی، گزینه‌ای مناسب برای کاربردهای آرایشی بهداشتی است. به‌کارگیری آن در کلاه رنگرزی با حفظ رطوبت، گرما و جلوگیری از نشت رنگ، کیفیت رنگرزی با رنگ‌های طبیعی را بهبود می‌بخشد.

واژه‌های کلیدی: هیدروژل، کربوکسی‌متیل سلولز، الیگومر اوره‌ای، اتصال عرضی، ضدباکتری، جذب رنگ.