

นภรัตน์ จิวลักษณ์ : การศึกษาการดูดซับสีอินดิโกและสีอนุพันธ์ของอินดิโกบนเส้นไหม
(A STUDY OF THE ADSORPTION OF INDIGO AND INDIGO DERIVATIVES
ONTO SILK) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวณีย์ รัตนพานี, 218 หน้า.

การศึกษานี้เป็นการศึกษาจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ของการดูดซับสีอินดิโกและอนุพันธ์ของสีอินดิโกบนเส้นไหม ซึ่งเป็นการศึกษารายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ของการย้อมไหมด้วยอินดิโก โดยเป็นวิธีการย้อมแบบเวทเป็นครั้งแรก วิธีการย้อมแบบนี้ทำได้โดยการเริ่มรีดิวซ์อินดิโกด้วยสารโซเดียมไดไฮโดรไรต์เพื่อให้ได้สีในรูปของลิวโกอินดิโกซึ่งละลายน้ำได้ นำเส้นไหมไปลงในสารละลายลิวโกอินดิโกที่ได้ จากนั้นนำเส้นไหมออกมาสัมผัสอากาศเพื่อให้เกิดการออกซิไดซ์กลับไปเป็นอินดิโก จากการศึกษาพบว่าการดูดซับสีอินดิโกบนเส้นไหมเป็นกระบวนการการดูดซับทางเคมี การเปรียบเทียบผลการศึกษาทางจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ของการย้อมไหมด้วยสีสกัดอินดิโกจากพืชที่ได้จาก *Indigofera tinctoria* มีผลไปในทางเดียวกันกับการศึกษาการย้อมไหมด้วยสีอินดิโก ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับข้อมูลการวิเคราะห์ทาง HPLC ซึ่งแสดงว่าสีสกัดจากพืชมีอินดิโกเป็นองค์ประกอบหลัก จากการศึกษาดังกล่าวแสดงว่าองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีอยู่ในสีสกัดไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการศึกษาทางจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ของการย้อมไหมที่มีอยู่ในสีสกัดจากพืช

ได้ทำการศึกษาค่าพารามิเตอร์ทางจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ของการย้อมไหมโดยตรงโดยใช้สารอนุพันธ์ของอินดิโกที่ละลายน้ำได้ คือ อินดิโกคาร์มินที่วางขายในตลาดพบว่าการย้อมเป็นแบบการดูดซับทางเคมีชนิดคายความร้อนและเป็นปฏิกิริยาอันดับสองเสมือน นอกจากนี้ยังได้ทำการเตรียมอนุพันธ์ของอินดิโกซึ่งเป็นสารอนุพันธ์ตัวใหม่ที่มีสีน้ำเงิน-เขียวและละลายน้ำได้ ซึ่งมีโครงสร้างแตกต่างกับอินดิโกคาร์มิน โดยได้ทำการเพิ่มความสามารถในการละลายน้ำของอินดิโกด้วยการเพิ่มหมู่ฟังก์ชันที่มีขั้วบนตำแหน่งของไนโตรเจนในโมเลกุลของอินดิโก สารอนุพันธ์ที่เตรียมได้นี้ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันของกรดคาร์บอกซิลิกและหมู่เอสเทอร์บนไนโตรเจนในโมเลกุลของอินดิโก สารอนุพันธ์ที่เตรียมได้ตัวใหม่นี้สามารถย้อมติดบนเส้นไหมภายใต้สภาวะการย้อมที่เป็นกรด

นอกจากนี้ยังได้นำเสนอวิธีการใหม่ในการเพิ่มความสามารถในการละลายน้ำของอินดิโก โดยการใช้สารเติมแต่ง สารเหล่านี้ได้แก่ สารโซโคลเดกทรีนส์และอนุพันธ์ หรือสารไฮโดรโพรปิก เช่น ยูเรีย และนิโคตินาไมด์ ซึ่งการเติมสารเหล่านี้สามารถเพิ่มความสามารถในการละลายน้ำของอินดิโกและสีสกัดอินดิโกจากพืชได้ การศึกษาดังกล่าวนำไปสู่พัฒนาการย้อมเส้นไหมได้ โดยตรง

ภายใต้สภาวะการย้อมที่เป็นกรด โดยไม่จำเป็นต้องมีขั้นตอนการรีดิวซ์สีอินดิโกและขั้นตอนการออกซิไดซ์ การศึกษาทางจลนพลศาสตร์และอุณหพลศาสตร์ของการดูดซับสีอินดิโก-ยูเรียบนเส้นไหม พบว่าเป็นกระบวนการการดูดซับทางเคมีที่เป็นแบบคายความร้อน การดูดซับนี้เป็นปฏิกิริยาอันดับสองเสมือน การที่ยูเรียสามารถเพิ่มความสามารถในการละลายของสีอินดิโกยังไม่เป็นที่ทราบชัด อย่างไรก็ตามวิธีการย้อมไหมโดยตรงโดยใช้สีสกัดอินดิโกจากพืชและยูเรียดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในห้องถิ่น

สาขาวิชาเคมี
ปีการศึกษา 2553

ลายมือชื่อนักศึกษา N. Jiwalak.
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา S. Rattaphi
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม J. B. Brenner
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม M. Taysathitani

NAPARAT JIWALAK : A STUDY OF THE ADSORPTION OF INDIGO
AND INDIGO DERIVATIVES ONTO SILK. THESIS ADVISOR : ASSOC.
PROF. SAOWANEE RATTANAPHANI, Ph.D. 218 PP.

ADSORPTION/KINETICS/THERMODYNAMICS/INDIGO/INDIGO
DERIVATIVES/SILK DYEING

The adsorption kinetics and thermodynamics of indigo and indigo derivative dyeing onto silk were investigated in this study. Detailed kinetic and thermodynamic parameters were determined for the first time for the dyeing of silk using indigo itself and the vat dyeing method. This method involved initial reduction of the indigo with sodium dithionite to give leuco indigo, then immersion of the silk in the aqueous solution of leuco indigo, followed by aerial oxidation to indigo *in situ*. A chemisorption process was indicated for the indigo dyeing of silk. A comparison of kinetic and thermodynamic data for silk dyeing using plant derived indigo extract obtained from *Indigofera tinctoria* was also made with the data from indigo itself and close similarities were seen. This was consistent with the HPLC analytical data which showed indigo as a major component of the extract. It also indicated that other components in the crude indigo extract were not significantly affecting the dyeing kinetics and thermodynamics.

Detailed kinetic and thermodynamic parameters have been obtained for the first time with respect to the direct dyeing of silk using the commercially available, water soluble blue dye, indigo carmine. The adsorption process with this indigo-derived dye was an exothermic chemisorption one following pseudo second order

kinetics. Another new water soluble blue-green dye was prepared in this work from indigo, which, in contrast to indigo carmine, involved the introduction of polar substituents on nitrogen in the indigo molecule. The particular compound prepared incorporated a carboxylic acid and ester group in separate substituents. In a trial experiment, this compound was shown to dye silk under acidic conditions.

New ways to increase the water solubility of indigo were found based on the use of additives. These additives included cyclodextrins and derivatives, or simple hydrotropic compounds like urea and nicotinamide. Using these compounds the water solubility of pure indigo and plant extracted indigo could be increased significantly. The addition of urea was then used to develop a new process for the direct dyeing of silk under acidic conditions without the need for an indigo reduction and subsequent oxidation step. The key kinetic and thermodynamic parameters for this dyeing process were obtained, with the kinetics fitting a pseudo second order model. Other parameters were consistent with an exothermic chemisorption process. Whether urea does more than increase the indigo solubility is as yet not known. However, direct dyeing of silk using plant extracted indigo and urea could be a potentially viable option for villagers.

School of Chemistry

Academic Year 2010

Student's Signature N. Siwalak

Advisor's Signature S. Rattaphi

Co-advisor's Signature J. B. Brennan

Co-advisor's Signature M. Tymshitsa