

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
รายการสัญลักษณ์.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ของงานวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 เส้นใยสิ่งทอ.....	3
2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสีย้อม.....	8
2.3 การย้อมสีเส้นใยสิ่งทอ.....	12
2.4 ความคงทนของสี.....	13
2.5 ของไหลเหนือวิกฤต.....	15
2.6 การแพร่ของสีย้อมในเส้นใยไหม.....	17
2.7 แบบจำลองการดูดซึมแบบสองทาง.....	20
2.8 ค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก.....	22
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	25
3.1 การปรับสภาพเส้นใยไหม.....	25
3.2 การย้อมสีเส้นใยไหมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต.....	25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณสีข้อมในเส้นใยด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์....	27
3.4 การทดสอบคุณภาพของเส้นใยเมื่อผ่านกระบวนการย้อมสี.....	27
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์.....	29
4.1 ผลการย้อมสีเส้นใยไหมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต.....	29
4.1.1 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีเส้นใยไหม.....	30
4.1.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่.....	31
4.1.3 อิทธิพลของอุณหภูมิและความดันที่มีผลต่อ ค่าการละลายของสีข้อมในเส้นใยไหม.....	32
4.2 การประมาณค่าการละลายของสีข้อมในเส้นใยไหม และการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก.....	34
4.2.1 การทำนายค่าการละลายของสีข้อมในเส้นใยไหม โดยอาศัยกลไกการดูดซึมแบบสองทาง.....	34
4.2.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยกและการศึกษาผลของอุณหภูมิ และความดันที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก.....	38
4.3 การทดสอบคุณภาพเส้นใยไหมหลังการย้อม.....	40
4.3.1 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง.....	40
4.3.2 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง.....	41
4.3.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ.....	42
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	43
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	43
5.1.1 ผลการย้อมสีเส้นใยไหมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต.....	43
5.1.2 การประมาณค่าการละลายของสีข้อมในเส้นใย และการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก.....	44
5.1.3 การทดสอบคุณภาพเส้นใยไหมหลังการย้อม.....	44
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	44
เอกสารอ้างอิง.....	45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	47
ภาคผนวก ก การสร้างกราฟมาตรฐาน.....	48
ภาคผนวก ข การคำนวณค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยไหม.....	51
ภาคผนวก ค การคำนวณความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์ และค่าการละลายของสีย้อมคาร์บอนไดออกไซด์.....	54
ภาคผนวก ง การคำนวณค่าคงที่และการประมาณค่าการละลายของสีย้อม ในเส้นใยไหมด้วยกลไกการดูดซึมแบบสองทาง.....	62
ภาคผนวก จ การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก.....	66
ภาคผนวก ฉ การทดสอบความคงทนของสีย้อมในเส้นใย.....	69
ภาคผนวก ช ตารางบันทึกข้อมูลผลการทดลอง.....	82
ภาคผนวก ฌ อุปกรณ์การทดลอง.....	84
ประวัติผู้เขียน.....	87

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแบ่งชนิดของเส้นใยธรรมชาติ.....	3
2.2 การแบ่งชนิดของเส้นใยประดิษฐ์.....	3
2.3 สมบัติที่เหมือนกันในเส้นใยโปรตีนธรรมชาติ.....	4
2.4 องค์ประกอบที่สำคัญในเส้นใยไหม.....	6
2.5 สมบัติต่างๆ ของของเหลว แก๊ส และของไหลเหนือวิกฤต.....	16
2.6 สมบัติของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ภาวะต่างๆ.....	17
4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ที่ภาวะการทดลองต่างๆ.....	31
4.2 ค่าคงที่ในสมการกลไกการดูดซึมแบบสองทางที่อุณหภูมิต่างๆ.....	34
4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยกที่อุณหภูมิและความดันต่างๆ.....	38
ก.1 ค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ.....	49
ข.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสง และความเข้มข้นของสีย้อมที่สกัดแยก.....	52
ค.1 อุณหภูมิลดรูป (T_r) ที่อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองต่างๆ.....	56
ค.2 ความดันลดรูป (P_r) ที่ความดันที่ใช้ในการทดลองต่างๆ.....	56
ค.3 ค่า z^0 และ z^1 จากตาราง Lee/Kesler Generalized-correlation ในช่วงอุณหภูมิลดรูป 1.05 1.10 และ 1.15.....	57
ค.4 ค่า z^0 และ z^1 จากตาราง Lee/Kesler Generalized-correlation ในช่วงอุณหภูมิลดรูป 1.05 1.10 และ 1.15 และ ความดันลดรูปที่ใช้ในการทดลอง.....	57
ค.5 ค่าแฟกเตอร์สภาพลดอัด (z) ที่ได้จากการคำนวณ.....	58
ค.6 ค่าปริมาตรจำเพาะของคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต (v).....	59
ค.7 ความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต ที่อุณหภูมิและความดันต่างๆ.....	60
ค.8 ค่าคงที่ a b และ c	61
ค.9 ค่าการละลายของสีย้อมในคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต (X) ที่อุณหภูมิและความดันต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง.....	61
จ.1 ค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยกที่อุณหภูมิและความดันต่างๆ.....	68
ฉ.1 ผ้าขาว 2 เส้นใย.....	70
ฉ.2 สีที่ใช้ในการย้อมผ้าขนสัตว์.....	75
ช.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง.....	83

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของกรดอะมิโน.....	4
2.2 โครงสร้างทางเคมีของไหม.....	6
2.3 การแพร่กระจายของสีย้อมในเส้นใยที่เวลาในกระบวนการย้อมต่างๆ.....	18
2.4 แบบจำลองการดูดซึมแบบสองทาง.....	21
3.1 โครงสร้างของสีย้อม C.I.Acid Red 42.....	25
3.2 แผนภาพกระบวนการย้อมสีเส้นใยไหมด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต.....	26
4.1 ผลการย้อมสีเส้นใยไหม.....	29
4.2 ผลของเวลาต่อค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยไหมที่ ความดันคงที่ที่ 15 MPa และอุณหภูมิต่างๆ.....	30
4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่.....	32
4.4 ผลของอุณหภูมิและความดันที่มีผลต่อค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยไหม.....	33
4.5 ค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยที่ได้จากการประมาณค่าโดยใช้กลไกการดูดซึม แบบสองทางที่อุณหภูมิ 50°C.....	35
4.6 ค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยที่ได้จากการประมาณค่าโดยใช้กลไกการดูดซึม แบบสองทางที่อุณหภูมิ 60°C.....	35
4.7 ค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยที่ได้จากการประมาณค่าโดยใช้กลไกการดูดซึม แบบสองทางที่อุณหภูมิ 70°C.....	36
4.8 ผลความหนาแน่นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อค่าการละลาย ของสีย้อมในแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิต่างๆ.....	37
4.9 ผลความหนาแน่นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อค่าการละลาย ของสีย้อมในเส้นใยไหมที่อุณหภูมิ 70°C.....	37
4.10 ผลของความดันและอุณหภูมิต่อค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก.....	39
4.11 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง.....	40
4.12 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงเมื่อเทียบกับผ้ามาตรฐานสีน้ำเงิน.....	41
ก.1 กราฟมาตรฐานของสีย้อม C.I.Acid Red 42.....	50
ง.1 ค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยไหมที่อุณหภูมิ 50°C.....	64
ฉ.1 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างประกบกับผ้าหลายเส้นใย.....	71
ฉ.2 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างประกบกับผ้าขาว 2 เส้นใย.....	72

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
จ.3 การเปรียบเทียบการกระจายพลังงานของแสงซินโครตรอนและแสงแดด.....	74
จ.4 การวางชิ้นงานตัวอย่างและผ่านสัณฐานมาตรฐานในวิธีที่ 1.....	76
จ.5 การวางชิ้นงานตัวอย่างและผ่านสัณฐานมาตรฐานในวิธีที่ 2.....	77
จ.6 การวางชิ้นงานตัวอย่างและผ่านสัณฐานมาตรฐานในวิธีที่ 3.....	78
จ.7 การวางชิ้นงานตัวอย่างและผ่านสัณฐานมาตรฐานในวิธีที่ 4.....	78
จ.8 การเปรียบเทียบการกระจายพลังงานของแสงคาร์บอนอาร์กและแสงแดด.....	79
จ.9 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ.....	81
ฉ.1 เครื่องปฏิกรณ์แบบอัดความดันสูง.....	85
ฉ.2 เครื่อง UV/Vis Spectrophotometer.....	85
ฉ.3 ปืนอัดความดันสูง Isco Model 260 D.....	85
ฉ.4 เครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์.....	86
ฉ.5 ชุดอุปกรณ์รีฟลักซ์.....	86

รายการสัญลักษณ์

D	ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ (m^2/s)
D_0	pre-exponential factor (m^2/s)
E_D	พลังงานก่อกัมมันต์ (kJ/mol)
R	ค่าคงที่ของแก๊สอุดมคติ (kJ/mol.K)
T	อุณหภูมิ (K)
t	เวลาที่ใช้ในการกระบวนการย้อมสี (นาที่)
r	รัศมีของเส้นใย
Z	แนวแกนตามความยาวของเส้นใย
M_t	ค่าการละลายของสีย้อมในเส้นไหมที่เวลาใดๆ ($g_{\text{Dye}}/g_{\text{Silk}}$)
M_α	ค่าการละลายของสีย้อมในเส้นไหมที่สมดุล ($g_{\text{Dye}}/g_{\text{Silk}}$)
C	ค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยไหม ($g_{\text{Dye}} / g_{\text{Silk}}$)
k_D	ค่าคงที่การละลายตามกฎของเฮนรี ($g_{\text{Dye}} / g_{\text{Silk}}$) (MPa)
b	ค่าคงที่ของรูช่องว่างร่วม (Hole affinity constant) (MPa^{-1})
p	ค่าความดัน (MPa)
C'_H	ค่าคงที่ของรูช่องว่างอิ่มตัว (Hole saturated constant) ($g_{\text{Dye}} / g_{\text{Silk}}$)
C_D	ค่าการดูดซึมแบบปกติของสารที่สามารถแพร่กระจายได้ ($g_{\text{Dye}} / g_{\text{Silk}}$)
C_H	ค่าการดูดซึมภายในรูช่องว่างขนาดเล็กมากๆ (Microvoid) ($g_{\text{Dye}} / g_{\text{Silk}}$)
K	ค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก
X	ค่าการละลายของสีย้อมในแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ($g_{\text{Dye}}/g_{\text{CO}_2}$)
Y	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 nm
x	ความเข้มข้นของสีย้อมที่สกัดแยก (g/cm^3)
V	ปริมาตรเอทานอลที่ใช้ในการรีฟลักซ์ (cm^3)
W	น้ำหนักเส้นใยไหมก่อนย้อม (g)
ρ	ความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์ (g/cm^3)
ρ_{ref}	ความหนาแน่นอ้างอิง (g/cm^3)
m	น้ำหนักโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ (g/mol)
v	ปริมาตรจำเพาะของคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต (cm^3/mol)
z	ค่าแฟกเตอร์สภาพก่อกัด

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

z^0 และ z^1 correlation factor

ω อะเซนตริกแฟกเตอร์

T_r อุณหภูมิลดรูป

P_r ความดันลดรูป

T_c อุณหภูมิวิกฤต

P_c ความดันวิกฤต