

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์การวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับของไหลเหนือวิกฤต.....	3
2.2 การละลายของสีย้อมในคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต.....	6
2.3 การแพร่ของก๊าซในพอลิเมอร์.....	10
2.4 แบบจำลองการดูดซึมแบบสองทาง.....	12
2.5 ค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก.....	14
2.6 ความรู้พื้นฐานเคมีเส้นใยสังเคราะห์.....	15
2.7 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสีย้อม.....	21
2.8 ความสามารถในการย้อมติดของสี.....	23
2.9 ความคงทนของสีต่อแสงและเหงื่อ.....	26
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	34
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	40
3.1 ขั้นตอนการศึกษา.....	40
3.2 วิธีการดำเนินงาน.....	40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.1 การออกแบบอุปกรณ์สำหรับกระบวนการย้อมที่ความดันสูง.....	40
3.2.2 การย้อมสีเส้นใยพอลิเมอร์ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต.....	42
3.2.3 การการวิเคราะห์ปริมาณสีย้อมในเส้นใยด้วยเทคนิคยูวี-วิซิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์.....	43
3.2.4 การทดสอบคุณภาพเส้นใยหลังการย้อม.....	44
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์.....	46
4.1 ผลการย้อมสีเส้นใยพอลิเมอร์ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต.....	46
4.1.1 ผลของการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย้อมสีเส้นใยพอลิเมอร์.....	46
4.1.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่.....	47
4.1.3 ผลของอุณหภูมิ และความดันที่มีผลต่อการละลายของสีย้อมในเส้นใยพอลิเมอร์.....	51
4.2 การประมาณค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยพอลิเมอร์ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ และการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก.....	54
4.2.1 การทำนายค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยพอลิเมอร์โดยใช้กลไกการดูดซึมแบบสองทาง.....	54
4.2.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยกพร้อมทั้งศึกษาผลของอุณหภูมิและความดันที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก.....	59
4.3 ผลการทดสอบคุณภาพเส้นใยพอลิเมอร์หลังการย้อม.....	63
4.3.1 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง.....	63
4.3.2 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง.....	64
4.3.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อ.....	64
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	67
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	67
5.1.1 ผลการย้อมสีเส้นใยพอลิเอสเตอร์ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต.....	67

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.2 การประมาณค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใย.....	68
และการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก	
5.1.3 การทดสอบคุณภาพเส้นใยหลังการย้อม.....	68
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	69
เอกสารอ้างอิง.....	70
ภาคผนวก ก การคำนวณความเข้มข้นของสีย้อมเพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน.....	73
ภาคผนวก ข การคำนวณค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยพอลิเมอร์.....	76
ภาคผนวก ค การคำนวณความหนาแน่นและค่าการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์.....	80
ภาคผนวก ง การคำนวณค่าคงที่และการประมาณค่าการละลายของสีย้อมใน.....	89
เส้นใยพอลิเมอร์ด้วยกลไกการดูดซึมแบบสองทาง	
ภาคผนวก จ การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก.....	94
ภาคผนวก ฉ ตารางบันทึกผลการทดลอง.....	97
ภาคผนวก ช เครื่องมือและอุปกรณ์.....	100
ประวัติผู้เขียน.....	102

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติของคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะต่างๆ.....	4
2.2 สภาวะวิกฤตของสารชนิดต่างๆ.....	5
2.3 จุดเดือด (T_b, K), อุณหภูมิวิกฤต (T_{cr}, K), Lennard-Jone temperature ($\epsilon/k, K$).....	8
และ collision diameter (σ, nm) ของก๊าซชนิดต่างๆ	
2.4 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ ($D, 10^{-10} m^2/s$) และพลังงานก่อกัมมันต์ในการแพร่.....	10
($E_D/R, 10^3 K$)	
2.5 ค่าคงที่ α, β, δ และ γ	11
2.6 การแบ่งชนิดของเส้นใยธรรมชาติ.....	16
2.7 การแบ่งชนิดของเส้นใยประดิษฐ์.....	16
2.8 ตัวอย่างเส้นใยสังเคราะห์ และองค์ประกอบของหน่วยซ้ำในโมเลกุล.....	17
2.9 สีข้อมที่ใช้ข้อมผ้าขนสัตว์เพื่อใช้เป็น blue wool reference.....	32
4.1 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของสีข้อม C.I. Disperse Red 1 ในเส้นใย.....	49
พอลิเอสเตอร์ที่ได้จากการทดลอง กับค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของสีข้อม	
C.I. Disperse Red 324 ในพอลิเอสเตอร์ที่ได้จากงานวิจัยของ Fleming	
4.2 ค่าการละลายของสีข้อมในคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต และ	52
ค่าการละลายของสีข้อมในเส้นใยพอลิเมอร์ที่อุณหภูมิและความดันต่างๆ	
4.3 ค่าคงในสมการกลไกการดูดซึมแบบสองทางสำหรับการข้อมเส้นใยพอลิเอสเตอร์.....	55
4.4 ค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก ที่อุณหภูมิ และความดันต่างๆ.....	60
4.5 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐาน.....	64
4.6 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง.....	64
4.7 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อเหงื่อสังเคราะห์	65
4.8 เปรียบเทียบคุณภาพเส้นใยหลังการข้อมกับงานวิจัยอื่น.....	66
ก. 1 ค่าการดูดกลืนแสงของสีข้อมที่ความเข้มข้นต่าง.....	74
ข. 1 แสดงค่าการดูดกลืนแสง และความเข้มข้นของสีข้อมที่สกัดแยกมาแล้ว.....	78
ค.1 อุณหภูมิลดรูป (T_r) ที่อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองต่างๆ.....	82
ค.2 ความดันลดรูป (P_r) ที่ความดันที่ใช้ในการทดลองต่างๆ.....	82
ค.3 ค่า z^0 และ z^1 จากตาราง Lee/Kesler Generalized-correlation ในช่วงอุณหภูมิลดรูป.....	83
คงที่เท่ากับ 1.05 และ ความดันลดรูปต่างๆ	

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.4 ค่า z^0 และ z^1 จากตาราง Lee/Kesler Generalized-correlation ในช่วงอุณหภูมิลดรูป.....	83
คงที่เท่ากับ 1.05 และ ความดันลดรูปที่ใช้ในการทดลอง	
ค. 5 ค่า z^0 และ z^1 จากตาราง Lee/Kesler Generalized-correlation ในช่วงอุณหภูมิลดรูป.....	84
คงที่เท่ากับ 1.1 กับ 1.15 และความดันลดรูปที่ใช้ในการทดลอง	
ค. 6 แสดงค่าแฟกเตอร์สภาพก๊อช (z) ที่ได้จากคำนวณ.....	84
ค. 7 ค่าปริมาตรจำเพาะของคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต.....	86
ค. 8 ความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต ที่อุณหภูมิและความดันต่างๆ.....	87
ที่ใช้ในการทดลอง	
ค.9 ค่าคงที่ α , β , δ และ γ	88
ค. 10 ค่าการละลายของสีย้อมในคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต (y_2) ที่อุณหภูมิและความ.....	88
ดันต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง	
ง.1 ค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยที่ได้จากการประมาณค่าด้วย.....	93
กลไกการดูดซึมแบบสองทาง	
ง.1 ค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยพอลิเมอร์ที่ได้จากการทำนายโดยอาศัย.....	98
รูปแบบการดูดซึมแบบสองทาง	
จ.1 ค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยก.....	96
ฉ.1 ค่าการบันทึกผลการทดลอง.....	108

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภาพอุณหภูมิ-ปริมาตรจำเพาะ แสดงบริเวณสถานะ และกระบวนการเปลี่ยนสถานะของสารบริสุทธิ์	3
2.2 จำลองการแพร่ของก๊าซในเส้นใยที่มีรูปทรงกระบอก	6
2.3 ค่าการละลายของมีเทนในพอลิไทรลีนที่ได้จากการประมาณค่าโดยรูปแบบกลไกการดูดซึมแบบสองทาง	13
2.4 กระบวนการผลิตเส้นใยพอลิเอสเตอร์ชนิดพอลิเอทิลีนเทอร์ฟทาเลต	20
2.5 ปฏิกริยาการเกิด Norrish type I และ Norrish type ของหมู่คาร์บอนิลที่ดูดซับแสงอัลตราไวโอเล็ต	27
2.6 สเปกตรัมของแสงแดด และสเปกตรัมของซินอนอาร์ก	28
2.7 สเปกตรัมของแสงแดด และสเปกตรัมของคาร์บอนอาร์ค	29
2.8 ภาพตัดขวางของชิ้นส่วนต่างๆ ในอุปกรณ์เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อแสงของ Xenon arc air – cooled test chamber	30
2.9 ขวดโหลแก้วที่ใช้ใส่ชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบในมาตรฐาน JIS 0888-1 9888	33
3.1 แผนภาพกระบวนการย้อมสีเส้นใยพอลิเมอร์ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต	40
3.2 แสดงแบบและภาพตัดขวางของเครื่องปฏิกรณ์แบบอัดความดันสูง	41
3.3 ป้อนอัดความดันสูง	41
3.4 โครงสร้างโมเลกุลของสีย้อม C.I. Disperse Red 1	42
4.1 ผลของเวลาต่อค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยพอลิเมอร์ที่เวลาใดๆ ที่ความดันคงที่ 15 เมกะพาสกาล และอุณหภูมิคงที่ 50 องศาเซลเซียส	47
4.2 ผลของเวลาและอุณหภูมิต่อค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยพอลิเมอร์ที่ความดันคงที่ 15 เมกะพาสกาล	48
4.3 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่	51
4.4 ผลของอุณหภูมิและความดันต่อค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยพอลิเมอร์	53
4.5 ค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยที่ได้จากการประมาณค่าด้วยกลไกการดูดซึมแบบสองทาง ที่อุณหภูมิและเวลาคงที่ 50 °C และ 180 นาที ตามลำดับ	56
4.6 ค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยที่ได้จากการประมาณค่าด้วยกลไกการดูดซึมแบบสองทาง ที่อุณหภูมิและเวลาคงที่ 60 °C และ 180 นาที ตามลำดับ	57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 ค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยที่ได้จากการประมาณค่าด้วยกลไกการดูดซึม.....	57
แบบสองทาง ที่อุณหภูมิและเวลาคงที่ 70 °C และ 180 นาที ตามลำดับ	
4.8 ผลความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อค่าการละลายของสีย้อม	58
ที่อุณหภูมิต่างๆ	
4.9 ผลความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อค่าการละลายของ.....	59
สีย้อมในเส้นใยพอลิเมอร์ ที่อุณหภูมิคงที่ 60 องศาเซลเซียส	
4.10 ผลของความดันและอุณหภูมิต่อค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งแยกที่เวลาคงที่ 180 นาที	62
ก. 1 กราฟมาตรฐานของสีย้อม C.I.Disperse Red 1.....	75
ง.1 ค่าการละลายของสีย้อมในเส้นใยที่ได้จากการประมาณค่าด้วยกลไกการดูดซึม.....	91
แบบสองทาง ที่อุณหภูมิและเวลาคงที่ 50 °C และ 180 นาที ตามลำดับ	