

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(11)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ บทที่	(14)
1. บทนำ	
1.1 บทนำตั้งเรื่อง	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	2
2. ตรวจสอบเอกสาร	
2.1 ยางธรรมชาติ	3
2.2 อะคริโลไนไตรล์	7
2.3 โพลีเอทิลีนไครเซชัน	10
2.4 ปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน	11
2.5 Response Surface Methodology (RSM)	14
2.6 เครื่องปฏิกรณ์เคมี	18
2.7 สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์และการทดสอบ	24
2.8 อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี	26
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ	
3.1 สารเคมี	36
3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์	37
3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลและวิจารณ์	
4.1 การพิสูจน์โครงสร้างของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับ พอลิอะครีโลไครล์	51
4.2 การศึกษาขนาดของอนุภาคและการกระจายตัวของอนุภาคของ กราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิอะครีโลไครล์	54
4.3 อิทธิพลของความเร็วยอบในการกวนผสม (V_{mix} , rpm)	55
4.4 การศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของมอนอเมอร์ ([M], %mol)	61
4.5 การศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของตัวริเริ่มปฏิกิริยา ([I], mmol/L)	66
4.6 แบบจำลองอธิบายผลของสถานะดำเนินการ ในการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ ของยางธรรมชาติกับพอลิอะครีโลไครล์ในปฏิกรณ์แบบกึ่งแบตช์ขนาดต้นแบบ	71
4.7 การประเมินต้นทุนในการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับ พอลิอะครีโลไครล์โดยใช้ปฏิกรณ์แบบกึ่งแบตช์ ปริมาตร 50 ลิตร	84
5. สรุปผลการทดลอง	86
บรรณานุกรม	89
ภาคผนวก	
ก. ต้นฉบับส่งตีพิมพ์ใน วารสารวิจัย มข.	93
ข. เครื่องวัดขนาด และการกระจายตัวของอนุภาค	133
ค. เครื่องอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี	135
ง. ข้อมูลเบื้องต้นของโทลูอิน	138
จ. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Regression	141
ฉ. การหาค่าสถานะดำเนินการที่เหมาะสม	145
ช. ความปลอดภัยในการทำงานของอะครีโลไครล์	148

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1. องค์ประกอบของน้ำยางสด	5
2. ความสามารถในการละลายน้ำของมอนอเมอร์สามัญ	13
3. รังสีต่าง ๆ และความยาวคลื่น	26
4. ความถี่และความยาวคลื่นของรังสี IR ย่านต่าง ๆ และปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง	26
5. ชุดการทดลองจากการออกแบบด้วย RSM เพื่อศึกษาผลของ mixing speed, monomer concentration และ initiator concentration ที่มีต่อตัวแปรตามต่าง ๆ	40
6. สภาวะของการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเร็วรอบในการกวนผสม	41
7. สภาวะของการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของมอนอเมอร์	42
8. สภาวะของการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของตัวริเริ่มปฏิกิริยา	42
9. ส่วนประกอบของสารเคมีในถังปฏิกรณ์หลัก และถังมอนอเมอร์	44
10. ขนาดของชิ้นตัวอย่าง สำหรับทดสอบการดึงยืด	49
11. แถบการดูดกลืนแสงของยางธรรมชาติที่ได้จากการทดลอง	52
12. การเปรียบเทียบแถบการดูดกลืนแสงของยางธรรมชาติและกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิอะครีโลไนไตรล์ที่ได้จากการทดลอง	53
13. ประสิทธิภาพในการกราฟต์ของยางธรรมชาติด้วยพอลิอะครีโลไนไตรล์ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับแบบจำลอง	73
14. ร้อยละการเปลี่ยนเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาของกราฟต์โคพอลิเมอร์ในโทลูอีนที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับแบบจำลอง	75
15. ร้อยละการบวมพองของกราฟต์โคพอลิเมอร์ในโทลูอีนที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับแบบจำลอง	78
16. ค่า 300 % โมดูลัส ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับแบบจำลอง	81
17. การเปรียบเทียบสภาวะดำเนินการของการศึกษาในปฏิกรณ์ต้นแบบกับการศึกษาในปฏิกรณ์ขนาดห้องปฏิบัติการ	82
18. การเปรียบเทียบผลของความเร็วรอบในการกวนผสมต่อตัวแปรตาม	83

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
19. การเปรียบเทียบผลของความเข้มข้นของอะครีโลไนไตรล์ต่อตัวแปรตาม	83
20. การเปรียบเทียบผลของความเข้มข้นของตัวริเริ่มปฏิกิริยาต่อตัวแปรตาม	83
21. ต้นทุนในการผลิตน้ำยางกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิอะครีโลไนไตรล์ โดยใช้ปฏิกรณ์แบบกึ่งแบตช์ ปริมาตร 50 ลิตร	85
22. สภาพที่เหมาะสมในการเตรียมกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับ พอลิอะครีโลไนไตรล์ในปฏิกรณ์แบบกึ่งแบตช์ ปริมาตร 50 ลิตร	88
23. ข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองของประสิทธิภาพในการกราฟต์	141
24. ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการที่มีต่อประสิทธิภาพ ในการกราฟต์โดยใช้โปรแกรม Regression	142
25. ข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองของร้อยละการเปลี่ยน	142
26. ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการที่มีต่อร้อยละการเปลี่ยน โดยใช้โปรแกรม Regression	142
27. ข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองของร้อยละการบวมพองของกราฟต์โคพอลิเมอร์ในโทลูอีน	143
28. ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการที่มีต่อร้อยละการบวมพอง ของกราฟต์โคพอลิเมอร์ในโทลูอีน	143
29. ข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองของค่า 300 % โมดูลัส	144
30. ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการที่มีต่อค่า 300 % โมดูลัส โดยใช้โปรแกรม Regression	144
31. ฟังก์ชันเป้าหมาย และขอบเขตในการหาสภาวะดำเนินการที่เหมาะสมเพื่อหา ประสิทธิภาพในการกราฟต์	145
32. ฟังก์ชันเป้าหมาย และขอบเขตในการหาสภาวะดำเนินการที่เหมาะสมเพื่อหา ร้อยละการเปลี่ยน	146

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
33. ฟังก์ชันเป้าหมาย และขอบเขตในการหาสถานะดำเนินการที่เหมาะสมเพื่อหา ร้อยละการรวมพองของกราฟต์โคพอลิเมอร์ในโพลีเอทิลีน	146
34. ฟังก์ชันเป้าหมาย และขอบเขตในการหาสถานะดำเนินการที่เหมาะสมเพื่อหา ค่า 300 % โมดูลัส	147

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่	หน้า
1. กระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน	13
2. กระบวนการปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชันในปฏิกรณ์แบบกึ่งแบตช์	15
3. ถึงกวนผสมแบบมาตรฐาน	18
4. สัดส่วนในการคำนวณสำหรับการออกแบบถังปฏิกรณ์	19
5. รูปแบบของใบกวนสำหรับของเหลวความหนืดปานกลาง (a) three-blade marine propeller (b) simple straight-blade turbine (c) disk turbine (d) concave-blade CD-6 impeller (e) pitched-blade turbine	20
6. รูปแบบของใบกวนประสิทธิภาพสูง (a) HE-3 impeller (b) A310 fluid-foil impeller	20
7. รูปแบบของใบกวนสำหรับของเหลวที่มีความหนืดสูง (a) double-flight helical-ribbon impeller (b) anchor impeller	21
8. โครงสร้างและระบบการถ่ายเทความร้อนของเครื่องปฏิกรณ์กึ่งแบตช์กวน	23
9. ปฏิกรณ์แบบท่อไหล (ก) ปฏิกรณ์แบบท่อไหลเดี่ยว (ข) ปฏิกรณ์แบบท่อไหลขนานหลายท่อ	23
10. ชุดอุปกรณ์สำหรับกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน	37
11. แผนผังอุปกรณ์สำหรับกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชัน	38
12. ชุดสกัดด้วยตัวทำละลายแบบ Soxhlet	45
13. ตัวอย่างกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิอะครีโลไนไตรล์	46
14. แม่พิมพ์สำหรับทำขึ้นตัวอย่างเพื่อทดสอบการดึงยึด	48
15. ตัวอย่างของขึ้นทดสอบแบบคัมเบล	48
16. เครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาค Mastersizer 2000	50
17. แถบการดูดกลืนแสงของของยางธรรมชาติที่ได้จากเครื่อง FT-IR	51
18. แถบการดูดกลืนแสงของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิอะครีโลไนไตรล์ ที่ได้จากเครื่อง FT-IR	52
19. สูตรโครงสร้างที่เป็นไปได้ของกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับ พอลิอะครีโลไนไตรล์ (NR-g-PAN)	54
20. การเปรียบเทียบขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคของยางธรรมชาติ กับกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับพอลิอะครีโลไนไตรล์	55

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
21. อิทธิพลของความเร็วยรอบในการกวนผสมต่อประสิทธิภาพในการกราฟต์อย่างธรรมชาติ ด้วยพอลิอะครีโลไนไตรล์ ($[M] = 13 \text{ \%mol}$, $[I] = 23 \text{ mmol/L}$, $T = 50^\circ\text{C}$)	56
22. อิทธิพลของความเร็วยรอบในการกวนผสมต่อร้อยละการกราฟต์ของพอลิอะครีโลไนไตรล์ ลงบนโมเลกุลยางธรรมชาติ ($[M] = 13 \text{ \%mol}$, $[I] = 23 \text{ mmol/L}$, $T = 50^\circ\text{C}$)	57
23. อิทธิพลของความเร็วยรอบในการกวนผสมต่อร้อยละการเปลี่ยน ($[M] = 13 \text{ \%mol}$, $[I] = 23 \text{ mmol/L}$, $T = 50^\circ\text{C}$)	58
24. อิทธิพลของความเร็วยรอบในการกวนผสมต่อร้อยละการบวมพองของกราฟต์โคพอลิเมอร์ ในน้ำมันดีเซลและโทลูอีน ($[M] = 13 \text{ \%mol}$, $[I] = 23 \text{ mmol/L}$, $T = 50^\circ\text{C}$)	59
25. อิทธิพลของความเร็วยรอบในการกวนผสมต่อค่า 300 % โมดูลัส ($[M] = 13 \text{ \%mol}$, $[I] = 23 \text{ mmol/L}$, $T = 50^\circ\text{C}$)	60
26. อิทธิพลของความเข้มข้นของมอนอเมอร์ต่อประสิทธิภาพในการกราฟต์อย่างธรรมชาติ ด้วยพอลิอะครีโลไนไตรล์ ($V_{\text{mix}} = 340 \text{ rpm}$, $[I] = 23 \text{ mmol/L}$, $T = 50^\circ\text{C}$)	61
27. อิทธิพลของความเข้มข้นของมอนอเมอร์ต่อร้อยละการกราฟต์ของพอลิอะครีโลไนไตรล์ ลงบนโมเลกุลยางธรรมชาติ ($V_{\text{mix}} = 340 \text{ rpm}$, $[I] = 23 \text{ mmol/L}$, $T = 50^\circ\text{C}$)	63
28. อิทธิพลของความเข้มข้นของมอนอเมอร์ต่อร้อยละการเปลี่ยน ($V_{\text{mix}} = 340 \text{ rpm}$, $[I] = 23 \text{ mmol/L}$, $T = 50^\circ\text{C}$)	63
29. อิทธิพลของความเข้มข้นของมอนอเมอร์ต่อร้อยละการบวมพองของกราฟต์โคพอลิเมอร์ ในน้ำมันดีเซลและโทลูอีน ($V_{\text{mix}} = 340 \text{ rpm}$, $[I] = 23 \text{ mmol/L}$, $T = 50^\circ\text{C}$)	65
30. อิทธิพลของความเข้มข้นของมอนอเมอร์ต่อค่า 300 % โมดูลัส ($V_{\text{mix}} = 340 \text{ rpm}$, $[I] = 23 \text{ mmol/L}$, $T = 50^\circ\text{C}$)	66
31. อิทธิพลของความเข้มข้นของตัวริเริ่มปฏิกิริยาต่อประสิทธิภาพในการกราฟต์ ยางธรรมชาติด้วยพอลิอะครีโลไนไตรล์ ($V_{\text{mix}} = 340 \text{ rpm}$, $[M] = 13 \text{ \%mol}$, $T = 50^\circ\text{C}$)	67
32. อิทธิพลของความเข้มข้นของตัวริเริ่มปฏิกิริยาต่อร้อยละการกราฟต์ของพอลิอะครีโลไนไตรล์ ลงบนโมเลกุลยางธรรมชาติ ($V_{\text{mix}} = 340 \text{ rpm}$, $[M] = 13 \text{ \%mol}$, $T = 50^\circ\text{C}$)	68

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

g/mol	= กรัมต่อโมล (gram per mole)
g/mL	= กรัมต่อมิลลิลิตร (gram per milliliter)
g/m ³	= กรัมต่อลูกบาศก์เมตร (gram per cubic meter)
g/cm ³	= กรัมต่อลูกบาศก์เมตร (gram per cubic centimeter)
nm	= นาโนเมตร (nanometer)
μm	= ไมโครเมตร (micrometer)
%vol	= ร้อยละโดยปริมาตร (percentage by volume)
%mol	= ร้อยละโดยโมล (percentage by mole)
%w/v	= ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร (percentage by weight per volume)
N/mm ²	= นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (newton per square millimeter)
mmol/L	= มิลลิโมลต่อลิตร (millimole per liter)
rpm	= รอบต่อนาที (round per minute)
mmHg	= มิลลิเมตรของปรอท (millimeters of mercury)

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

g/mol	= กรัมต่อโมล (gram per mole)
g/mL	= กรัมต่อมิลลิลิตร (gram per milliliter)
g/m ³	= กรัมต่อลูกบาศก์เมตร (gram per cubic meter)
g/cm ³	= กรัมต่อลูกบาศก์เมตร (gram per cubic centimeter)
nm	= นาโนเมตร (nanometer)
μm	= ไมโครเมตร (micrometer)
%vol	= ร้อยละโดยปริมาตร (percentage by volume)
%mol	= ร้อยละโดยโมล (percentage by mole)
%w/v	= ร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร (percentage by weight per volume)
N/mm ²	= นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (newton per square millimeter)
mmol/L	= มิลลิโมลต่อลิตร (millimole per liter)
rpm	= รอบต่อนาที (round per minute) =
mmHg	= มิลลิเมตรของปรอท (millimeters of mercury)