สารบาญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ค

บทคัดย่อภาษาไทย ง

Abstract จ

สารบาญตาราง ฌ

สารบาญภาพ ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตงานวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1.1 หลักการทฤษฎีถังปฏิกรณ์ 3

2.1.2 หลักการทฤษฎีพื้นฐานกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 7

2.1.3 การวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลพอลิเมอร์ 11

2.1.4 พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ 17

2.1.5 ต้นทุน 19

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23

2.2.1 วิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ 23

2.2.2 การออกแบบถังปฏิกรณ์ 25

2.2.3 การย่อยสลายของ PLA 30

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 32

3.1 ขั้นตอนการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกจากมอนอเมอร์แลคไทด์ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 32

3.2 การออกแบบและพัฒนาถังปฏิกรณ์ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์จากมอนอเมอร์ของกรดแลคติก 38

3.3 การทดลองเพื่อหาผลของการย่อยสลาย 42

3.4 เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล 44

บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย 45

4.1 สร้างถังปฏิกรณ์ต้นแบบตามกระบวนการสังเคราะห์พอลิแลคไทด์แบบเดิมของคณะวิทยาศาตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 45

4.2 สร้างถังปฏิกรณ์ที่พัฒนามาจากถังปฏิกรณ์ต้นแบบเดิมของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 49

4.3 ผลการทดลองกรดพอลิแลคติกที่สังเคราะห์ได้จากถังปฏิกรณ์ต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการและถังปฏิกรณ์ที่ได้รับการพัฒนา 70

4.3.1 ผลการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกทั้งสองถังปฏิกรณ์ 70

4.3.2 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GPC 72

4.3.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC 73

4.4 การย่อยสลายของกรดพอลิแลคติก 74

4.5 การวิเคราะห์ต้นทุนของถังปฏิกรณ์ 76

4.5.1 วิเคราะห์ต้นทุนของถังปฏิกรณ์ในระดับห้องปฏิบัติการ 76

4.5.2 วิเคราะห์ต้นทุนของถังปฏิกรณ์ที่ได้รับการพัฒนา 81

4.6 ข้อดี – ข้อเด่นของถังปฏิกรณ์ที่ได้รับการพัฒนา 87

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง 89

5.1 สรุปผลการทดลอง 89

5.2 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะงานวิจัย 91

5.3 การนำผลวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์ 91

บรรณนานุกรม 92

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 95

ภาคผนวก ข 112

ประวัติผู้เขียน 114

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สภาวะการผลิตโอลิโกเมอร์ของ PLA และแลคไทด์ 25

ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาในการใช้สังเคราะห์กรดพอลิแลคติกในระดับห้องปฏิบัติการ 71
ตารางที่ 4.2 แสดงเวลาในการใช้สังเคราะห์กรดพอลิแลคติกในถังปฏิกรณ์ที่ได้รับการพัฒนา 71
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักโมเลกุลของ PLA จากถังปฏิกรณ์ในระดับห้องปฏิบัติการ ด้วยเทคนิค GPC 73
ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักโมเลกุลของ PLA จากถังปฏิกรณ์ที่ได้รับการพัฒนา ด้วยเทคนิค GPC 73
ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติทางความร้อนของ PLA จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC เปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิง 74
ตารางที่ 4.6 รายละเอียดต้นทุนการติดตั้งถังปฏิกรณ์จำลองในระดับห้องปฏิบัติการ 77
ตารางที่ 4.7 รายละเอียดสารตั้งต้นและสารริเริ่มปฏิกิริยา 78
ตารางที่ 4.8 ปริมาณสารตั้งต้นและสารริเริมปฏิกิริยา 78
ตารางที่ 4.9 รายละเอียดต้นทุนวัสดุในการสร้างถังปฏิกรณ์ที่ได้รับการพัฒนา 81
ตารางที่ 4.10 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ถังปฏิกรณ์ที่ได้รับการพัฒนา 83
ตารางที่ 4.11 รายละเอียดวัสดุและสารริเริ่มปฏิกิริยา 84

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติทางความร้อนของ PLA จากการวิเคราะห์ ด้วยเทคนิค DSC เปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิง 90

ตารางที่ ข1 ผลการทดลองการย่อยสลายของกรดพอลิแลคติก 113

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนพื้นฐานในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบทั่วไป 7
รูปที่ 2.2 กระบวนการวางแผนผลิตภัณฑ์ 9
รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ที่มีรูพรุนของพอลิเมอร์ที่มีขนาดต่าง ๆ 14
รูปที่ 2.4 ลักษณะ GPC โครมาโตแกรมในแบบต่างๆ 14
รูปที่ 2.5 องค์ประกอบเครื่อง GPC 15
รูปที่ 2.6 ขั้นตอนต่างๆ ในการแปลงจาก GPC โครมาโตแกรม ไปเป็นกราฟการกระจายตัวน้ำหนักโมเลกุล 16
รูปที่ 2.7 กระบวนการผลิตกรดแลคติก แลกไทด์ และPLA 24
รูปที่ 2.8 ลักษณะถังปฏิกรณ์ที่ออกแบบโดย Van Der Wal et al. 26
รูปที่ 2.9 ลักษณะถังปฏิกรณ์ที่ออกแบบโดย Van Der Wal et al. 27
รูปที่ 2.10 ลักษณะของถังปฏิกรณ์ที่ออกแบบโดย Dye 28
รูปที่ 2.11 ลักษณะของถังปฏิกรณ์ที่ออกแบบโดย Mizumoto et al. 29
รูปที่ 2.12 หลอดปฏิกิริยา 30

รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ผ่านกลไกการเปิดวง 33
รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะโครงสร้างของแลคไทด์ 33
รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างเคมีของตัวริเริ่ม Stannous Octoate 33
รูปที่ 3.4 ขวดชมพู่และแลคไทด์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ 34
รูปที่ 3.5 ตู้สูญญากาศ 34
รูปที่ 3.6 ขวดที่บรรจุแลคไทด์และทำการหยดตัวริเริ่มปฏิกิริยา 35
รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการกวนสารแลคไทด์ 36
รูปที่ 3.8 แลคไทด์ที่กระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่นเสร็จสมบูรณ์ 37
รูปที่ 3.9 ขั้นการสังเคราะห์กรดพอลิแลคติกจากแลคไทด์แบบเดิม 37
รูปที่ 3.10 ผ้าตาข่ายสำหรับบรรจุผงกรดพอลิแลคติก 43
รูปที่ 3.11 กระถางสำหรับทดลองการย่อยสลายของกรดพอลิแลคติก 43

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.12 การให้ความร้อนโดยตรงกับกระถางทดลอง 44

รูปที่ 4.1 ลักษณะโครงสร้างของแลคไทด์ 45
รูปที่ 4.2 กระบวนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ผ่านกลไกการเปิดวง 46
รูปที่ 4.3 โครงสร้างเคมีของตัวริเริ่ม Stannous Octoate 46
รูปที่ 4.4 ขวดชมพู่ที่ใช้ในการสังเคราะห์พร้อมบรรจุแลคไทด์ 47
รูปที่ 4.5 การดูดอากาศภายในขวดชมพู่ 47
รูปที่ 4.6 ตู้สุญญากาศและตู้ควบคุมความชื้นภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน 48
รูปที่ 4.7 ติดตั้งถังปฏิกรณ์ในระดับห้องปฏิบัติการ 49
รูปที่ 4.8 การยกขวดชมพู่ทิ้งไว้ 49
รูปที่ 4.9 โครงสร้างหลัก อุปกรณ์ และถังปฏิกรณ์แบบใหม่ 52
รูปที่ 4.10 เกียร์บ็อคและรอกสายพานในการส่งกำลัง 53
รูปที่ 4.11 ขนาดมอเตอร์ต้นกำลัง 54
รูปที่ 4.12 ขนาดของเกียร์ทดรอบ 54
รูปที่ 4.13 การติดตั้งมอเตอร์ 55
รูปที่ 4.14 มอเตอร์ต้นกำลังและอุปกรณ์ควบคุม 55
รูปที่ 4.15 ตัวส่งกำลังจากมอเตอร์ถึงใบกวน 56
รูปที่ 4.16 ตัวส่งกำลัง ลิ่มและเกลียวหนอน 56
รูปที่ 4.17 ระยะที่ใช้ในการเจาะยึดแบริ่ง UCF 205 57
รูปที่ 4.18 ใบกวนสาร 57
รูปที่ 4.19 แสดงรูปแบบของถังปฏิกรณ์แบบใหม่ 58
รูปที่ 4.20 ถังปฏิกรณ์ 59
รูปที่ 4.21 แสดงปั๊มสุญญากาศ สายลมเบอร์ 10 และข้อต่อลม 60
รูปที่ 4.22 ตารางการเลือกใช้ปั๊มสุญญากาศ 60

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.23 ตู้อะคริลิคใสที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ 60
รูปที่ 4.24 การติดตั้งปั๊มสุญญากาศ 61
รูปที่ 4.25 แสดงถังก๊าซ อุปกรณ์ลดแรงดันและโซลินอยด์วาล์ว 61
รูปที่ 4.26 ชุดก๊าซเฉื่อย 62
รูปที่ 4.27 อุปกรณ์ให้ความร้อน อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและชุดควบคุมอุณหภูมิ 63
รูปที่ 4.82 อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบรัดท่อ 64
รูปที่ 4.29 ปั๊มและสายยางซิลิโคนทนความร้อน 64
รูปที่ 4.30 ชุดระบบลำเลียงน้ำมัน 65
รูปที่ 4.31 ชุดโครงสร้างหลัก 66
รูปที่ 4.32 ชุดควบคุมระบบการทำงาน 67
รูปที่ 4.33 วงจรกำลังถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปพลาสติกชีวภาพที่สังเคราะห์ได้ 67
รูปที่ 4.34 วงจรควบคุมถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปพลาสติกชีวภาพที่สังเคราะห์ได้ 68
รูปที่ 4.35 ถังปฏิกรณ์ที่ได้รับการพัฒนามาจากห้องปฏิบัติการ 70
รูปที่ 4.36 กราฟเปรียบเทียบแสดงการย่อยสลายของกรดพอลิแลคติกที่มีอุณหภูมิเป็นปัจจัย 75
รูปที่ 4.37 กราฟเปรียบเทียบแสดงการย่อยสลายของกรดพอลิแลคติกที่มีความชื้นเป็นปัจจัย 76
รูปที่ 4.38 กราฟเปรียบเทียบแสดงการย่อยสลายของกรดพอลิแลคติกที่มีออกซิเจนเป็นปัจจัย 76
รูปที่ 4.39 ปฏิกิริยาในการเกิดกรดพอลิแลคติก 78
รูปที่ 4.40 เปรียบเทียบต้นทุนถังปฏิกรณ์ทั้งสองแบบด้วยจุดคุ้มทุน 87

รูปที่ 5.1 แสดงเปรียบเทียบต้นทุนรวมของถังปฏิกรณ์ทั้งสองแบบ 90

รูปที่ ก1 แบบสร้างใบกวน 97
รูปที่ ก2 แบบสร้างถังน้ำมัน 98
รูปที่ ก3 แบบสร้างโครงสร้างหลัก 99
รูปที่ ก4 แบบสร้างแท่นรองมอเตอร์ 100

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ก5 แบบสร้าง Hanger Bar 101
รูปที่ ก6 แบบสร้างบานประตู 102
รูปที่ ก7 แบบสร้างยางกันกระชาก 103
รูปที่ ก8 แบบสร้างกล่องควบคุม 104
รูปที่ ก9 แบบสร้างตู้อะคริลิค 105
รูปที่ ก10 แบบสร้าง Coupling 106
รูปที่ ก11 แบบสร้าง UFC 107
รูปที่ ก12 แบบสร้างฝาถังปฏิกรณ์ 108
รูปที่ ก13 แบบสร้างถังปฏิกรณ์ 109
รูปที่ ก14 แบบสร้างมอเตอร์ 110
รูปที่ ก15 แบบประกอบถังปฏิกรณ์ 111

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved