สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ii
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	vii
สารบัญรูป	viii
บทที่	
1. บทนำ	1
2. ความรู้ทางวิชาการและวารสารปริทรรศน์	3
2.1 น้ำมันปาล์ม (Palm oil)	3
2.2 โฟมพลาสติก (Plastic foams)	6
2.2.1 ลักษณะของโฟม	7
2.2.2 กระบวนการเกิดโฟม (Foam formation)	7
2.3 โฟมพอลิยูรีเทน (Polyurethane foam)	11
2.3.1 ปฏิกิริยาการเกิดโฟมพอลิยูรีเทน	11
2.3.2 สารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์โฟมพอลิยูรีเทน	12
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
3. การทดลอง	23
3.1 การเตรียมสารประกอบพอลิออลจากน้ำมันปาล์ม	23
3.1.1 สารเคมี	23
3.1.2 อุปกรณ์	23
3.1.3 เครื่องทดสอบ	23
3.1.4 วิธีทดลอง	24
3.2 การสังเคราะห์โฟมพอลิยูรีเทนชนิดแข็ง	25
3.2.1 สารเคมี	25
3.2.2 อุปกรณ์	26
3.2.3 เครื่องทดสอบ	26
3.2.4 วิธีทดลอง	28

หน้า

3.3 การตรวจสอบสมบัติของสารประกอบพอลิออลที่ได้จากน้ำมันปาล์ม 30
3.3.1 ความหนืด (viscosity) 30
3.4 การตรวจสอบและวิเคราะห์สมบัติของโฟมพอลิยูรีเทน 30
3.4.1 การตรวจสอบสีและลักษณะโดยทั่วไปของโฟม 30
3.4.2 การวิเคราะห์สร้างทางเคมีของโฟมด้วยเทคนิค FTIR 30
3.4.3 การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของโฟมด้วยเทคนิค SEM 30
3.4.4 ความหนาแน่น (Density) 31
3.4.5 ความต้านแรงกด (Compressive strength) 31
3.4.6 การตรวจสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC 32
3.4.7 การตรวจสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA 32
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 33
4.1 การเตรียมสารประกอบพอลิออลจากน้ำมันปาล์ม 33
4.1.1 ลักษณะของสารประกอบพอลิออล 33
4.1.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค FTIR 33
4.2 การเตรียมโฟมพอลิยูรีเทน 35
4.2.1 เวลาที่ใช้ในการทำให้โฟมเริ่มฟูตัว (cream time) 35
4.2.1.1 ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่อเวลาที่ใช้ในการทำให้โฟมเริ่มฟูตัว 35
4.2.1.2 ผลของปริมาณสารลดแรงตึงผิวต่อเวลาที่ใช้ในการทำให้โฟมเริ่มฟูตัว 35
4.2.2 เวลาที่ใช้ในการทำให้โฟมขยายตัวเต็มที่ (rise time) 36
4.2.2.1 ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่อเวลาที่ใช้ในการทำให้โฟมขยายตัวเต็มที่ 36
4.2.2.2 ผลของปริมาณสารลดแรงตึงผิวต่อเวลาที่ใช้ในการทำให้โฟมขยายตัวเต็มที่ 37
4.2.3 ความสามารถในการฟูตัว 38
4.3 การตรวจสอบและวิเคราะห์สมบัติของโฟมพอลิยูรีเทน 39
4.3.1 สีและลักษณะของโฟม 39
4.3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของโฟมด้วยเทคนิค FTIR 40
4.3.3 การตรวจสอบสัณฐานวิทยาของโฟมพอลิยูรีเทนด้วยเทคนิค SEM 44
4.3.3.1 ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่อสัณฐานวิทยาของโฟม 44
4.3.3.2 ผลของปริมาณสารลดแรงตึงผิวต่อสัณฐานวิทยาของโฟม 45

หน้า

4.3.4 ความหนาแน่น 46
4.3.5 ความต้านแรงกด 47
4.3.6 การตรวจสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC 48
4.3.7 การตรวจสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA 50
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 52
บรรณานุกรม 53
ภาคผนวก ก 55
ภาคผนวก ข 57
ภาคผนวก ค 63
ภาคผนวก ง 68
ภาคผนวก จ 72

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันปาล์ม 4

ตารางที่ 2.2 ร้อยละโดยน้ำหนักของกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม 6

ตารางที่ 2.3 สูตรโครงสร้างของกรดไขมันที่มีในน้ำมันปาล์ม 6

ตารางที่ 2.4 ลักษณะของพอลิออลที่มีผลต่อการเกิดโฟมพอลิยูรีเทน 16

ตารางที่ 2.5 สมบัติและการใช้งานของพอลิเอสเทอร์พอลิออลในการผลิตโฟมพอลิยูรีเทน 18

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างของตัวเร่งปฏิกิริยาเทอร์เชียรีเอมีน 19

ตารางที่ 3.1 สูตรที่ใช้ในการสังเคราะห์โฟมพอลิยูรีเทนชนิดแข็ง 29

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ลักษณะของต้นปาล์ม 3
รูปที่ 2.2 ผลปาล์มน้ำมัน 4
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างไอโซเมอร์ของไตรกลีเซอไรด์ 5
รูปที่ 2.4 สัณฐานโครงสร้างของเซลล์ (ก) เซลล์เปิด และ (ข) เซลล์ปิด 7
รูปที่ 2.5 แผนภาพขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการเกิดโฟม 10
รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยาการเกิดอัลโลฟาเนตและไบยูเรต 12
รูปที่ 2.7 กระบวนการผลิต TDI 80/20 14
รูปที่ 2.8 โครงสร้างทางเคมีของ 4,4'–MDI และ 2,4'–MDI 14
รูปที่ 2.9 กระบวนการผลิตพอลิเมอริก MDI และ MDI บริสุทธิ์ 15
รูปที่ 2.10 ปฏิกิริยาเปิดวงโพรพิลีนออกไซด์ที่ใช้ผลิตพอลิอีเทอร์พอลิออล 17
รูปที่ 3.1 เครื่องวัดความหนืดแบบบรู๊กฟิลด์ 24
รูปที่ 3.2 ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ 24
รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ดัดแปรน้ำมันปาล์ม 25
รูปที่ 3.4 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 27
รูปที่ 3.5 ดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงคาลอริมิเตอร์ 27
รูปที่ 3.6 เครื่อง Universal Testing Machine 27
รูปที่ 3.7 เทอร์โมกราวิเมทริกแอนาไลเซอร์ 28
รูปที่ 3.8 เครื่องตัดโฟม 28
รูปที่ 3.9 ความต้านทานแรงกดของโฟม 31
รูปที่ 4.1 ลักษณะของสารประกอบพอลิออล 33
รูปที่ 4.2 FTIR สเปกตรัมของน้ำมันปาล์มและสารประกอบพอลิออล 34
รูปที่ 4.3 ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่อเวลาที่ทำให้โฟมพอลิยูรีเทนเริ่มฟูตัว 35
รูปที่ 4.4 ผลของปริมาณสารลดแรงตึงผิวต่อเวลาที่ทำให้โฟมพอลิยูรีเทนเริ่มฟูตัว 36
รูปที่ 4.5 ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่อเวลาที่ทำให้โฟมพอลิยูรีเทนขยายตัวเต็มที่ 37
รูปที่ 4.6 ผลของปริมาณสารลดแรงตึงผิวต่อเวลาที่ทำให้โฟมพอลิยูรีเทนขยายตัวเต็มที่ 37
รูปที่ 4.7 ความสูงของโฟมพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้ 38
รูปที่ 4.8 ลักษณะโฟมพอลิยูรีเทนเมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (ก) 0.1 กรัม (ข) 0.2 กรัม 39
(ค) 0.3 กรัม และ (ง) 0.4 กรัม ที่ปริมาณสารลดแรงตึงผิว 1 กรัม

หน้า

รูปที่ 4.9 ลักษณะโฟมพอลิยูรีเทนเมื่อใช้สารลดแรงตึงผิว (ก) 1 กรัม (ข) 2 กรัม (ค) 3 กรัม และ (ง) 4 กรัม ที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.4 กรัม 40
รูปที่ 4.10 FTIR สเปกตรัมของโฟมพอลิยูรีเทนที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่างกัน (a) ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1 กรัม (b) ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.2 กรัม (c) ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.3 กรัม (d) ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.4 กรัม 42
รูปที่ 4.11 FTIR สเปกตรัมของโฟมพอลิยูรีเทนที่ปริมาณสารลดแรงตึงผิวต่างกัน (a) ปริมาณสารลดแรงตึงผิว 1 กรัม (b) ปริมาณสารลดแรงตึงผิว 2 กรัม (c) ปริมาณสารลดแรงตึงผิว 3 กรัม (d) ปริมาณสารลดแรงตึงผิว 4 กรัม 43
รูปที่ 4.12 สัณฐานวิทยาของเซลล์ของโฟมพอลิยูรีเทนที่ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่างกัน 44
รูปที่ 4.13 สัณฐานวิทยาของเซลล์ของโฟมพอลิยูรีเทนที่ปริมาณสารลดแรงตึงผิวต่างกัน 45
รูปที่ 4.14 ความหนาแน่นของโฟมพอลิยูรีเทน 46
รูปที่ 4.15 ความต้านแรงกดของโฟมพอลิยูรีเทน 47
รูปที่ 4.16 DSC เทอร์โมแกรมของโฟมเมื่อ (a) ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.1 กรัม (b) ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.2 กรัม (c) ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.3 กรัม (d) ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา 0.4 กรัม 48
รูปที่ 4.17 DSC เทอร์โมแกรมของโฟม เมื่อ (a) ปริมาณสารลดแรงตึงผิว 1 กรัม (b) ปริมาณสารลดแรงตึงผิว 2 กรัม (c) ปริมาณสารลดแรงตึงผิว 3 กรัม (d) ปริมาณสารลดแรงตึงผิว 4 กรัม 49
รูปที่ 4.18 DSC เทอร์โมแกรมของโฟมเมื่อให้ความร้อนกับโฟมซ้ำอีกครั้ง 49
รูปที่ 4.19 เทอร์โมแกรมการศึกษาสมบัติทางความร้อนของโฟมด้วยเทคนิค TGA 50
รูปที่ 4.20 TGA เทอร์โมแกรมของ (a) โฟมพอลิยูรีเทน และ (b) พอลิเมอริก MDI 51