

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 การดัดแปรน้ำมันปาล์มด้วยปฏิกิริยาอินเตอร์เอสเทอร์ฟิเคชัน

4.1.1 การตรวจสอบชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันด้วยเทคนิค GC

น้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันทั้งหรือน้ำมันลินสีดที่ได้จากปฏิกิริยาอินเตอร์เอสเทอร์ฟิเคชัน มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน ซึ่งเมื่อนำมาตรวจสอบชนิดและปริมาณของกรดไขมันเปรียบเทียบกับน้ำมันปาล์ม น้ำมันทั้ง และน้ำมันลินสีด เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของกรดไขมันหลังผ่านปฏิกิริยาอินเตอร์เอสเทอร์ฟิเคชัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม น้ำมันทั้ง น้ำมันลินสีดและน้ำมันปาล์มดัดแปร

องค์ประกอบของกรดไขมัน (%) (fatty acid composition)	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันทั้ง	น้ำมันลินสีด	น้ำมันปาล์มดัดแปร	
				ปาล์ม/ทั้ง (50:50)	ปาล์ม/ลินสีด (50:50)
Lauric acid (C12:0)	0.71	-	-	-	-
Myristic acid (C14:0)	0.90	-	-	-	1.50
Palmitic acid (C16:0)	43.52	3.36	5.81	39.58	36.34
Stearic acid (C18:0)	4.51	3.34	2.46	5.16	3.07
Arachidic acid (C20:0)	-	1.00	-	-	-
Total saturated fatty acid	49.64	7.7	8.27	44.74	41.91
Oleic acid (C18:1)	40.81	7.55	18.55	42.56	42.07
Linoleic acid (C18:2)	9.54	8.37	16.54	12.68	10.57
Linolenic acid (C18:3)	-	-	54.87	-	4.76
Eleostearic acid (C18:3)	-	76.36	-	-	-
Total unsaturated fatty acid	50.35	92.28	89.96	55.24	57.40

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าระหว่างปฏิกิริยาอินเตอร์เอสเทอร์ฟิเคชัน มีปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนของกรดไขมันเกิดขึ้น โดยน้ำมันปาล์มที่ตัดแปรจากน้ำมันทั้งประกอบด้วยกรดไขมันของน้ำมันทั้งสองชนิด คือ กรดปาล์มมิติก กรดสเตียริก กรดโอเลอิก และกรดลิโนเลอิก โดยกรดไขมันที่พบมาก คือ กรดปาล์มมิติก และกรดโอเลอิก นอกจากนี้ ยังพบว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวมีปริมาณลดลงมาก และไม่พบกรดอิลีโอสเตียริก ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่แบบสลับ จึงสามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้ง่าย ทำให้คาดว่าเมื่อน้ำมันได้รับความร้อนระหว่างการทำปฏิกิริยาอินเตอร์เอสเทอร์ฟิเคชัน กรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอิลีโอสเตียริกจะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันบางส่วน ทำให้มีปริมาณลดลง

สำหรับน้ำมันปาล์มที่ตัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด ประกอบด้วยกรดไขมันของน้ำมันทั้งสองชนิดเช่นเดียวกัน คือ กรดไมริสติก กรดปาล์มมิติก กรดสเตียริก กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิก โดยพบว่ากรดลิโนเลนิกซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ถึง 3 พันธะ มีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันไปบางส่วนในระหว่างกระบวนการอินเตอร์เอสเทอร์ฟิเคชัน

4.1.2 การทดสอบสมบัติของน้ำมันปาล์ม น้ำมันทั้ง น้ำมันลินสีดและน้ำมันปาล์มตัดแปร

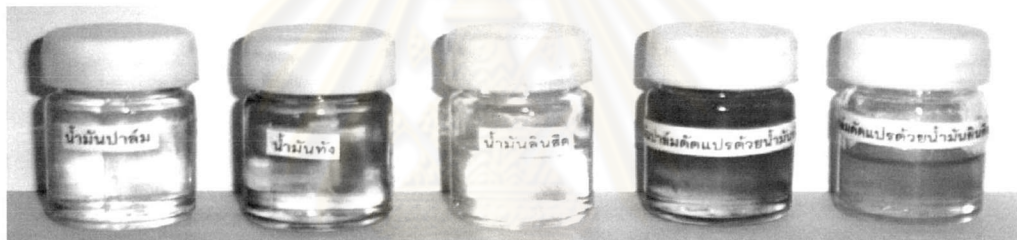
จากการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมันปาล์ม น้ำมันทั้ง น้ำมันลินสีด และน้ำมันปาล์มตัดแปร ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สมบัติของน้ำมันปาล์ม น้ำมันทั้ง น้ำมันลินสีด และน้ำมันปาล์มตัดแปร

สมบัติ	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันทั้ง	น้ำมันลินสีด	น้ำมันปาล์มตัดแปร	
				ปาล์ม/ทั้ง (50:50)	ปาล์ม/ลินสีด (50:50)
ค่าของกรด	2	10	2	3	2
ค่าไอโอดีน	52	160	174	85	95
ความถ่วงจำเพาะ (25°C)	0.907	0.939	0.938	0.919	0.914
ความหนืด (สโตกส์)	0.65	4.70	0.50	46.3	8.84
สี (การ์เดนเนอร์)*	4	8	2	5	3.5

*ลำดับความเข้มของสีจากอ่อนไปเข้ม 2 3.5 4 5 และ 8

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า ค่าของกรด ความตึงจำเพาะ และสี (แสดงดังรูปที่ 4.1) ของน้ำมันปาล์มที่ผ่าน การดัดแปรทั้งสองชนิด มีค่าอยู่ระหว่างค่าของน้ำมันปาล์มและน้ำมันทั้ง หรือน้ำมันลินสีด ส่วนค่าไอโอดีนซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความไม่อิ่มตัวของน้ำมันในน้ำมัน ปาล์มที่ผ่านการดัดแปรทั้งสองชนิดมีค่าที่สูงกว่าของน้ำมันปาล์ม แต่ต่ำกว่าของน้ำมันทั้งและ น้ำมันลินสีดมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันด้วยเทคนิค GC ทั้งนี้เป็นผล มาจากกระบวนการเกิดปฏิกิริยาอินเตอร์เอสเทอร์ฟิเคชัน น้ำมันได้รับความร้อน ทำให้กรดไขมัน ที่ไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอิลิโอสเตียริกและกรดลิโนเลนิกเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันไป บางส่วน ทำให้ปริมาณความไม่อิ่มตัวลดลง นอกจากนี้ความหนืดของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการ ดัดแปรทั้งสองชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งชนิดที่ดัดแปรด้วยน้ำมันทั้งมีค่าเพิ่มขึ้นมาก เมื่อ เปรียบเทียบกับน้ำมันปาล์มและน้ำมันทั้งหรือน้ำมันลินสีด ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการที่น้ำมัน เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันบางส่วน ทำให้น้ำหนักโมเลกุลของน้ำมันปาล์มดัดแปรมีค่าเพิ่มขึ้น ความหนืดจึงมีค่าสูงขึ้นด้วย



รูปที่ 4.1 สีของน้ำมันชนิดต่าง ๆ

4.2 การสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทน

4.2.1 การหาภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทน

ในการทดลองหาภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทน ได้ใช้มอนอและได กลีเซอไรด์ที่เตรียมจากน้ำมันปาล์มที่ผ่านการดัดแปรด้วยน้ำมันทั้ง ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 50:50 มาทำปฏิกิริยากับโทลีนไดไอโซไซยาเนตที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อหมู่ ไอโซไซยาเนตเท่ากับ 1:0.8 โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยพบว่า การสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 80°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้กันทั่วไปไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากของผสมของปฏิกิริยาเกิดเป็นเจลอย่างรวดเร็ว จึงได้ทำการทดลองโดยลดอุณหภูมิที่ใช้ ในการสังเคราะห์ลงมาเรื่อย ๆ จากอุณหภูมิ 80°C จนถึงอุณหภูม이하ง พบว่าภาวะที่เหมาะสม

ที่สุดคือ ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 2 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นภาวะเดียวที่ของผสมไม่เกิดเป็นเจล โดยน้ำมันยูรีเทนที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองใสที่มีความหนืดต่ำ ซึ่งการสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 40-80°C ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเจลระหว่างปฏิกิริยาทั้งสิ้น ทั้งนี้คาดว่า เป็นผลมาจากในระหว่างการเตรียมมอนอและไดกลีเซอไรด์จากน้ำมันปาล์มที่ดัดแปรด้วยน้ำมัน ทั้ง มีการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน จึงทำให้มอนอและไดกลีเซอไรด์ที่เกิดพอลิเมอไรเซชันไปแล้ว เมื่อได้รับความร้อนอีกในระหว่างการเตรียมน้ำมันยูรีเทนจะเกิดปฏิกิริยาเชื่อมขวางกลายเป็นเจลอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองในการหาภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทน

อุณหภูมิ (°C)	ผลการทดลอง
80	เกิดเป็นเจลอย่างรวดเร็วระหว่างการกวน
70	เกิดเป็นเจลอย่างรวดเร็วระหว่างการกวน
60	เกิดเป็นเจลอย่างรวดเร็วระหว่างการกวน
50	เกิดเป็นเจลหลังกวนของผสมเป็นเวลา 30 นาที
40	เกิดเป็นเจลหลังกวนของผสมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
30	ได้ของเหลวความหนืดต่ำ (ความหนืดต่ำกว่า 0.5 สโตกส์)

4.2.2 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำมันปาล์มและน้ำมันทั้งหรือน้ำมันลินสีดสำหรับการสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทน

4.2.2.1 น้ำมันปาล์มที่ผ่านการดัดแปรด้วยน้ำมันทั้ง

ในการทดลองได้นำน้ำมันปาล์มมาดัดแปรด้วยน้ำมันทั้งในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน คือ 90:10 70:30 และ 50:50 และนำน้ำมันปาล์มดัดแปรที่ได้มาทำปฏิกิริยากับกลีเซอรอลได้เป็นมอนอและไดกลีเซอไรด์ จากนั้น จึงนำไปทำปฏิกิริยากับโพลีลีนไดไอโซไซยาเนตที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อหมู่ไอโซไซยาเนตเท่ากับ 1:0.8 และบล็อกด้วยเมทานอลทุกสูตร ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4 โดยพบว่า ในการสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทนจากน้ำมันปาล์มที่ดัดแปรด้วยน้ำมันทั้ง ได้นำน้ำมันยูรีเทนที่มีลักษณะเป็นของเหลวหนืด ซึ่งเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้ทุกสูตรเกิดเป็นเจลซึ่งไม่สามารถ

นำไปใช้งานได้ โดยเวลาที่ใช้ในการทำให้น้ำมันยูรีเทนกลายเป็นเจลจะลดลงตามอัตราส่วนของน้ำมันทั้งที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้คาดว่าเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันทั้งและปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยานาตที่เหลืออยู่กับความชื้นในบรรยากาศ

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทนจากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันทั้ง

สูตร (น้ำมันปาล์ม:น้ำมันทั้ง)	ผลการทดลอง
90:10	เกิดเป็นเจล เมื่อดังทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
70:30	เกิดเป็นเจล เมื่อดังทิ้งไว้เป็นเวลา 20 ชั่วโมง
50:50	เกิดเป็นเจล เมื่อดังทิ้งไว้เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

4.2.2.2 น้ำมันปาล์มที่ผ่านการดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด

ในการทดลองสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทนจากมอนอและไดกลีเซอไรต์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันปาล์มที่ดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีดที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักต่าง ๆ กัน และโพลีอินโดไซไซยานาตที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อหมู่ไอโซไซยานาตเท่ากับ 1:0.8 และบดด้วยเมทานอลทุกสูตร ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5 โดยพบว่าน้ำมันยูรีเทนที่เตรียมได้มีความหนืดต่ำกว่าน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ดัดแปรด้วยน้ำมันทั้ง แต่มีระยะเวลาการเก็บได้ไม่นาน โดยพบว่า ความหนืดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และเกิดการแข็งตัวเป็นเจลภายในเวลา 2-10 วัน ขึ้นกับปริมาณน้ำมันลินสีด โดยน้ำมันยูรีเทนเกิดเป็นเจลเร็วขึ้น เมื่อปริมาณน้ำมันลินสีดเพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันลินสีด และปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยานาตที่เหลืออยู่กับความชื้นในบรรยากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทนจากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด

สูตร (น้ำมันปาล์ม:น้ำมันลินสีด)	ผลการทดลอง
90:10	ได้ของเหลวความหนืดต่ำ* เกิดเป็นเจลเมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วัน
80:20	ได้ของเหลวความหนืดต่ำ* เกิดเป็นเจลเมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน
70:30	ได้ของเหลวความหนืดต่ำ* เกิดเป็นเจลเมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 5 วัน
60:40	ได้ของเหลวความหนืดต่ำ* เกิดเป็นเจลเมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 2 วัน
50:50	ได้ของเหลวความหนืดต่ำ* เกิดเป็นเจลเมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 2 วัน

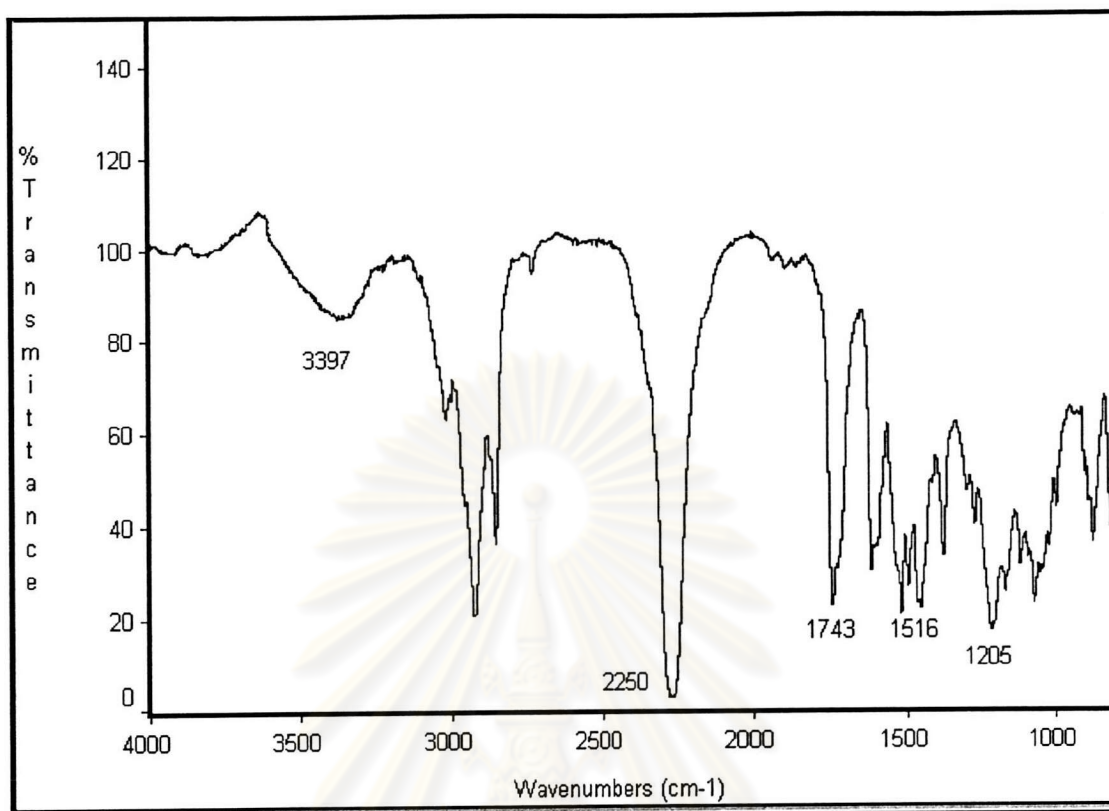
*ความหนืดต่ำกว่า 0.5 สโตกส์

เนื่องจากน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรเกิดเป็นเจลทุกสูตร ดังนั้น จึงได้ทดลองสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทนจากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่ไอโซไซยาเนตเท่ากับ 1:0.8 โดยใช้ภาวะในการทำปฏิกิริยาเช่นเดียวกับการสังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปร พบว่า น้ำมันยูรีเทนที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองใสที่มีความหนืดต่ำ (ต่ำกว่า 0.5 สโตกส์) และไม่เกิดเป็นเจล จากนั้น จึงได้สังเคราะห์น้ำมันยูรีเทนจากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปรเพิ่มเติม ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อหมู่ไอโซไซยาเนตต่าง ๆ กัน (ดูตาราง 3.3) พบว่า น้ำมันยูรีเทนที่ได้ทุกสูตรไม่เกิดเป็นเจล

4.3 การวิเคราะห์น้ำมันยูรีเทนด้วยเทคนิค FT-IR สเปกโทรสโกปี

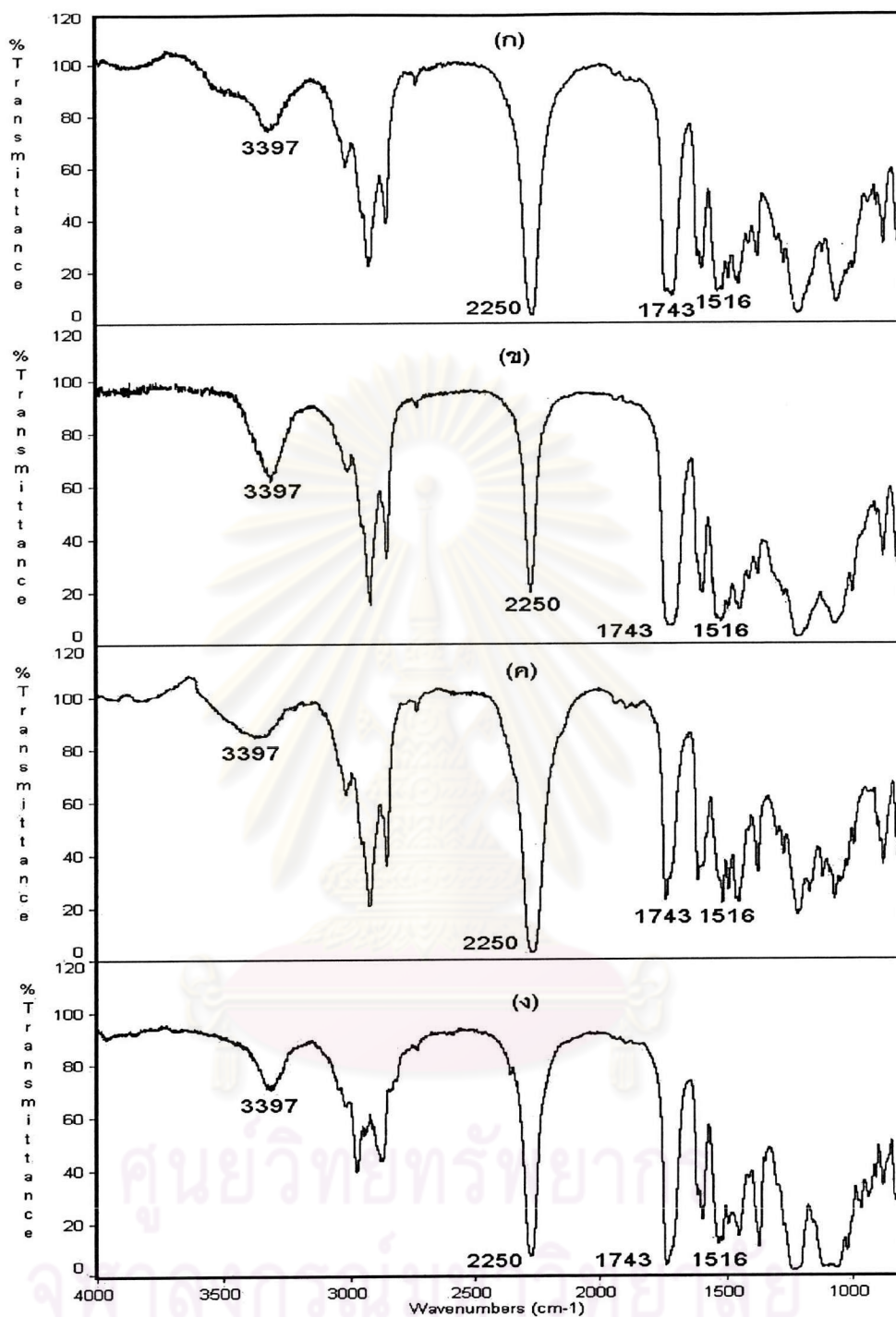
เมื่อนำมอนอและไดกลีเซอไรด์ที่สังเคราะห์ได้ มาทำปฏิกิริยากับโทลิลีนไดไอโซไซยาเนต พบว่า หมู่ไฮดรอกซิลของมอนอและไดกลีเซอไรด์ จะเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไอโซไซยาเนตของโทลิลีนไดไอโซไซยาเนต เกิดเป็นพันธะยูรีเทน ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญในน้ำมันยูรีเทน และเมื่อนำน้ำมันยูรีเทนไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR spectroscopy ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยพบสเปกตรัมที่สำคัญดังนี้

1. พบพีคของ N-H stretching ที่ตำแหน่ง 3397 cm^{-1}
2. พบพีคของหมู่คาร์บอนิลที่ตำแหน่ง 1743 cm^{-1}
3. พบพีคของพันธะ C-N และ N-H ที่ตำแหน่ง 1516 cm^{-1}
4. พบพีคของพันธะ C-O-C ที่ตำแหน่ง 1205 cm^{-1}



รูปที่ 4.2 FT-IR สเปกตรัมของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร ที่อัตราส่วนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อหมู่ไอโซไซยาเนตเท่ากับ 1:0.8

เมื่อนำน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันชนิดต่าง ๆ กัน ได้แก่ น้ำมันปาล์มที่ดัดแปรด้วยน้ำมันทั้ง น้ำมันปาล์มที่ดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด และน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร โดยใช้ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อหมู่ไอโซไซยาเนตเท่ากับ 1:0.8 มาวิเคราะห์ด้วย เทคนิค FT-IR spectroscopy เปรียบเทียบกับน้ำมันยูรีเทนทางการค้า พบว่า FT-IR สเปกตรัมของน้ำมัน ยูรีเทนทั้งหมดมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.3 กล่าวคือ พบพีคที่ตำแหน่ง 3397 cm^{-1} และ 1516 cm^{-1} ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของพันธะ -NH ในพันธะยูรีเทน และพีคที่ตำแหน่ง 1743 cm^{-1} ของหมู่คาร์บอนิล (C=O) ในเอสเทอร์และยูรีเทน นอกจากนี้ ยังพบพีคของ หมู่ไอโซไซยาเนตที่ตำแหน่ง 2250 cm^{-1} แสดงว่ายังมีหมู่ไอโซไซยาเนตเหลืออยู่



รูปที่ 4.3 FT-IR สเปกตรัมของน้ำมันยูรีเทนที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ OH:NCO

เท่ากับ 1:0.8 (ก) น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันทัง*

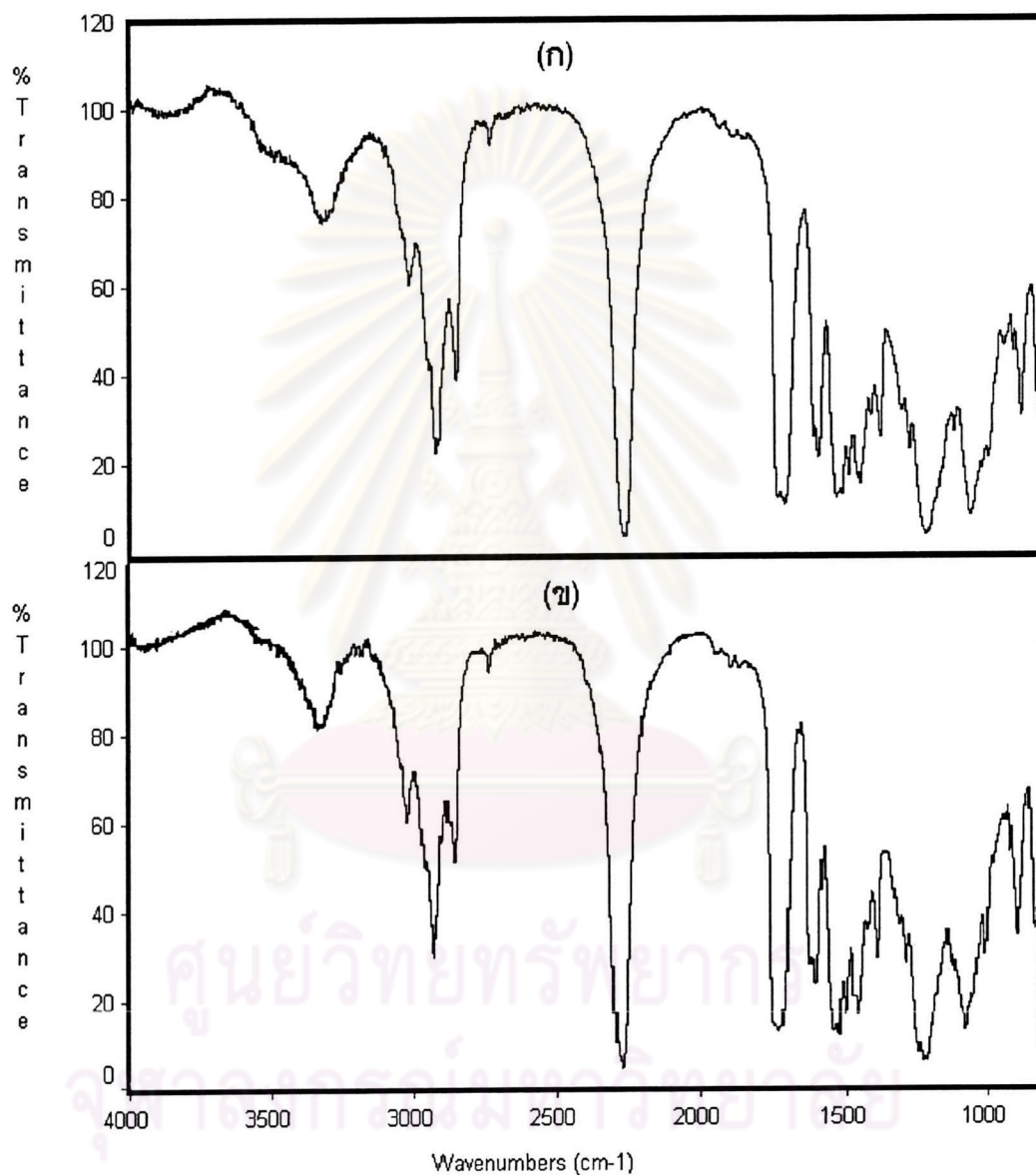
(ข) น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด*

(ค) น้ำมันยูรีเทนสูตรที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร

(ง) น้ำมันยูรีเทนทางการค้า

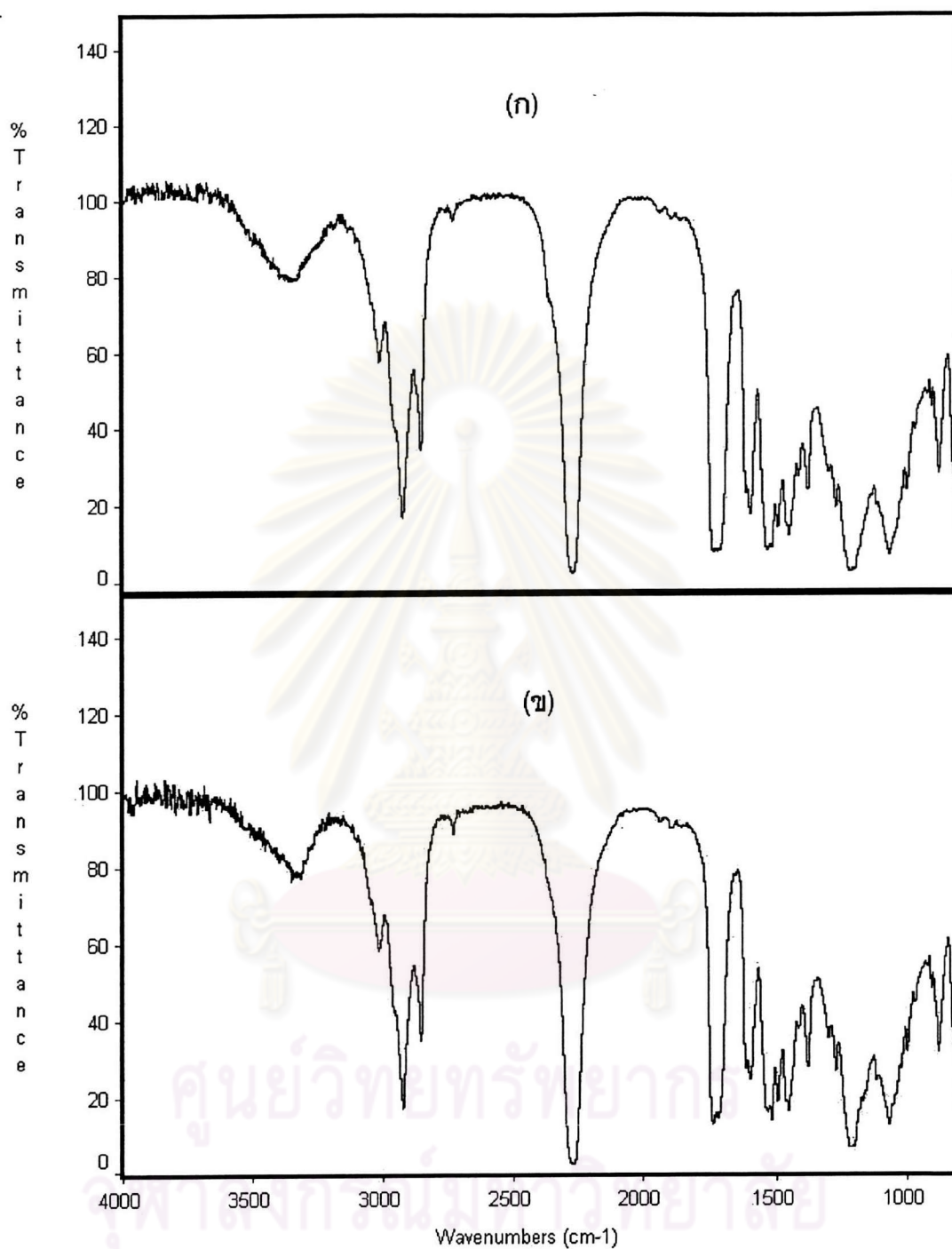
* ดัดแปรที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันทังหรือน้ำมันลินสีดเท่ากับ 90:10

ดังนั้น จึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติม โดยเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทนจาก 2 ชั่วโมงเป็น 3 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบการเกิดปฏิกิริยาของหมู่ไอโซไซยาเนต ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 พบว่า ความหนืดของของผสม และผลการวิเคราะห์ด้วย FT-IR ไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์เท่ากับ 2 ชั่วโมงนั้นไม่ได้น้อยเกินไป



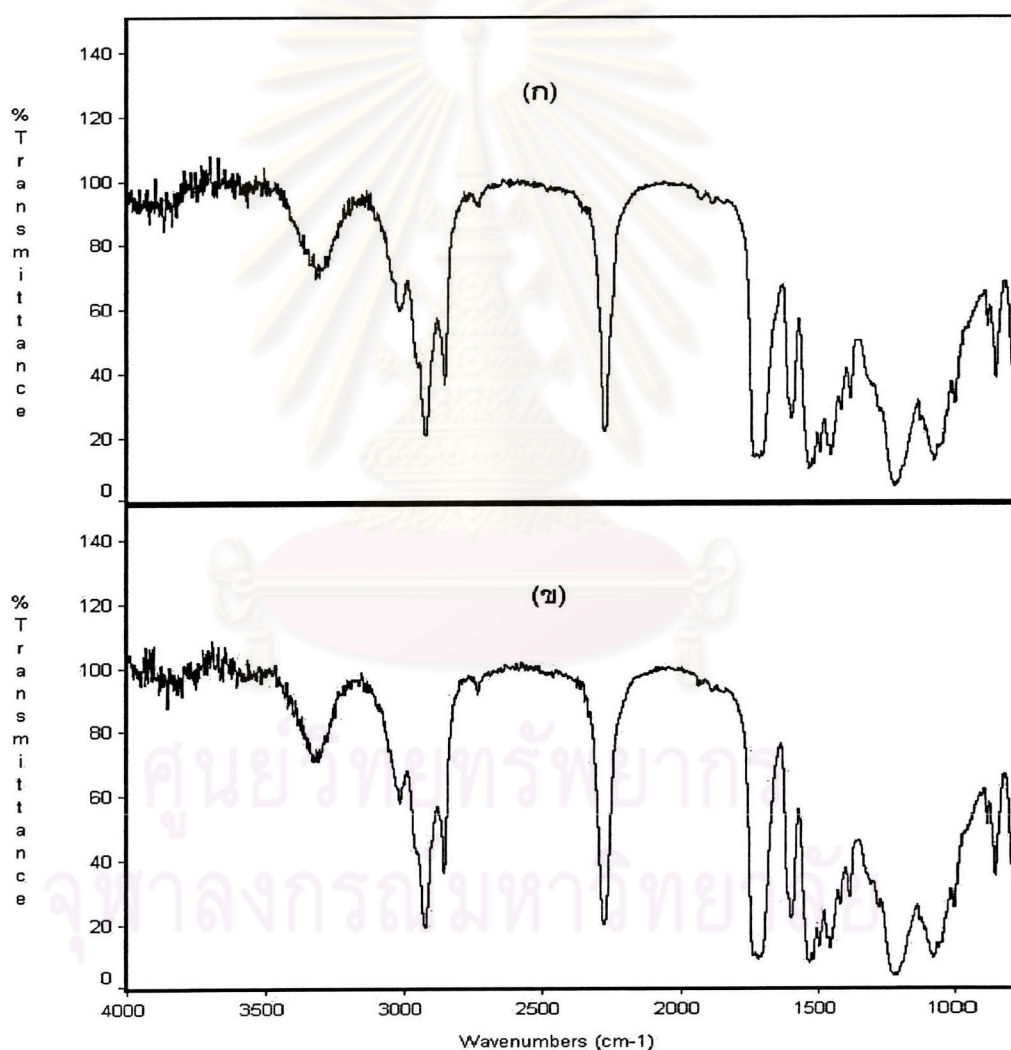
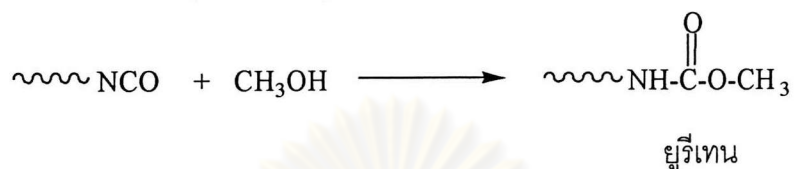
รูปที่ 4.4 FT-IR สเปกตรัมของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด* ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ OH:NCO เท่ากับ 1:0.8 ที่เวลาต่าง ๆ กัน
(ก) 2 ชั่วโมง (ข) 3 ชั่วโมง

* ดัดแปรที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันลินสีดเท่ากับ 90:10



รูปที่ 4.5 FT-IR สเปกตรัมของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปรที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ OH:NCO เท่ากับ 1:0.8 ที่เวลาต่าง ๆ กัน
(ก) 2 ชั่วโมง (ข) 3 ชั่วโมง

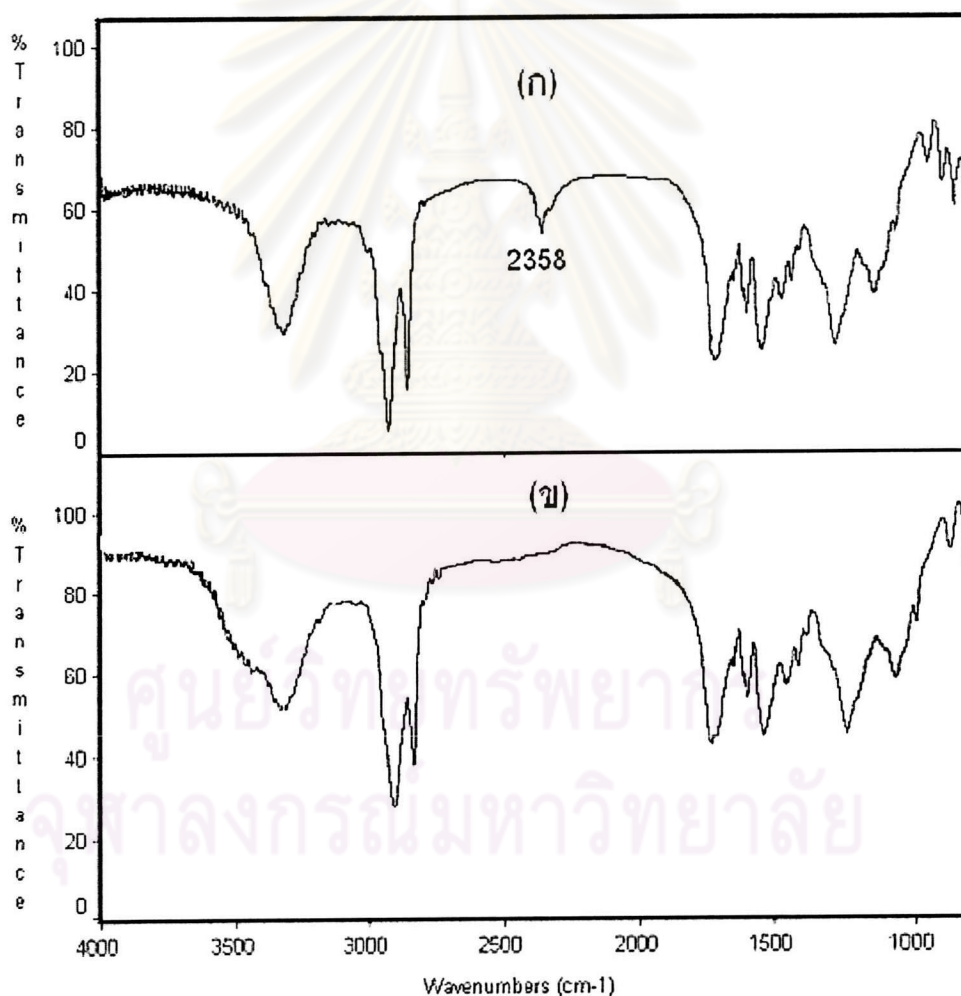
จากนั้น จึงได้ทำการทดลองบล็อกหมู่ไอโซไซยานาตที่เหลือด้วยเมทานอลปริมาณ 2% โดยน้ำหนักของกลีเซอรอล และนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR อีกครั้ง ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.6 โดยพบว่า FT-IR สเปกตรัมของน้ำมันยูรีเทนสูตรที่บล็อกด้วยเมทานอลมีความเข้มของพีคของหมู่ไอโซไซยานาตที่ตำแหน่ง 2250 cm^{-1} ลดลง แสดงว่าเมทานอลเข้าไปทำปฏิกิริยากับหมู่ไอโซไซยานาต เกิดพันธะยูรีเทน ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถแสดงได้ดังสมการ



รูปที่ 4.6 FT-IR สเปกตรัมของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปรที่อัตราส่วนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อหมู่ไอโซไซยานาตเท่ากับ 1:0.8

(ก) ไม่บล็อกด้วยเมทานอล (ข) บล็อกด้วยเมทานอล

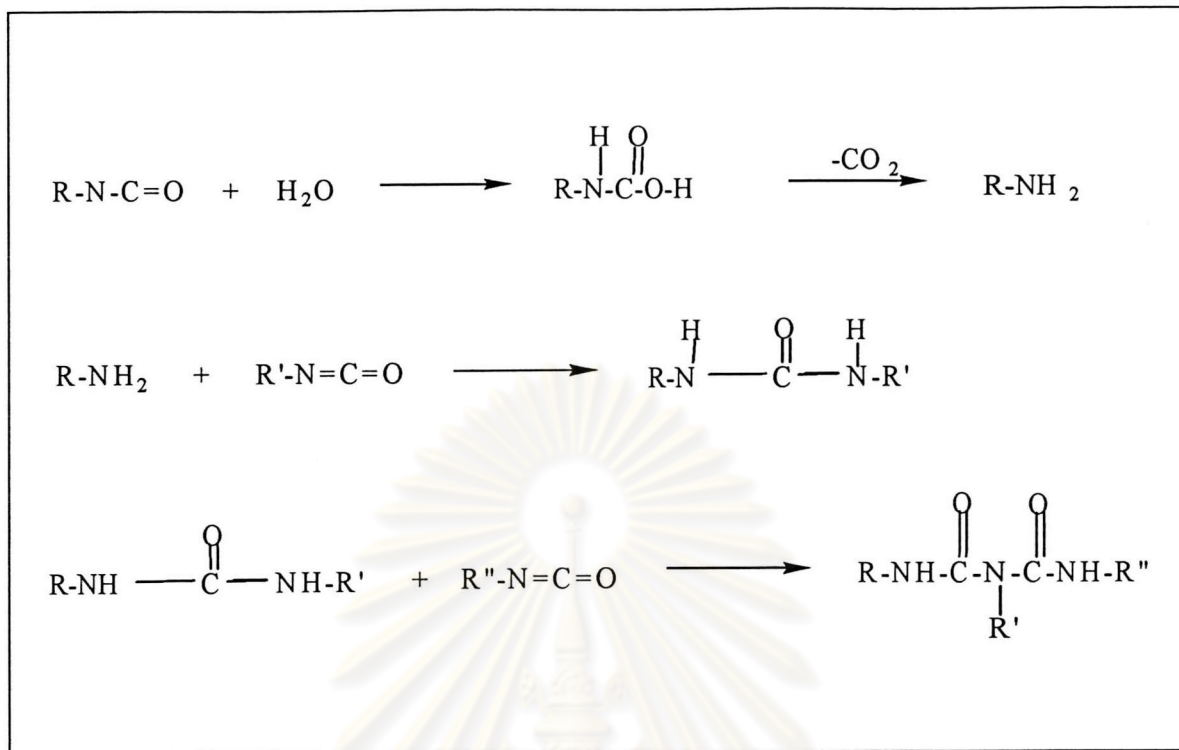
เมื่อนำน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการตัดแปร ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อไอโซไซยานาตเท่ากับ 1:0.8 และบล็อกด้วยเมทานอล ไปทำเป็นฟิล์มแห้ง แล้วนำไปตรวจสอบด้วยเทคนิค FT-IR spectroscopy ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.7 โดยพบว่า FT-IR สเปกตรัมที่ได้ ไม่ปรากฏพีกของหมู่ไอโซไซยานาตที่ 2250 cm^{-1} อีกต่อไปและพบพีกของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 2358 cm^{-1} แสดงว่าในระหว่างการแห้งตัวหรือการบ่มตัวของฟิล์มยูรีเทน หมู่ไอโซไซยานาตที่เหลืออยู่ได้เข้าทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศ เกิดกรดคาร์บาไมกที่ไม่เสถียร ซึ่งจะแตกตัวให้แอมีนและคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้น แอมีนจะเข้าทำปฏิกิริยาต่อกับหมู่ไอโซไซยานาตอีกหมู่ได้เป็นยูเรียและอาจเกิดปฏิกิริยาต่อไปกับหมู่ไอโซไซยานาตได้ไบยูเรต แสดงได้ดังสมการในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 FT-IR สเปกตรัมของฟิล์มยูรีเทน

(ก) น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการตัดแปร สูตร 1:0.8b

(ข) น้ำมันยูรีเทนทางการค้า



รูปที่ 4.8 ปฏิกิริยาแสดงการเกิดยูเรียและไบยูเรต

4.4 การทดสอบสมบัติของน้ำมันยูรีเทน

4.4.1 การทดสอบสมบัติในสถานะของเหลว

4.4.1.1 น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด

น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันลินสีดต่าง ๆ กัน มีลักษณะเป็นของเหลวที่มีความหนืดต่ำ (ต่ำกว่า 0.5 สต็อกส์) สีเหลืองใส และเมื่อนำมาทดสอบหาค่าของกรด วัตต์ลี และหาปริมาณร้อยละของสารที่ระเหยไม่ได้ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6 โดยพบว่า สีของน้ำมันยูรีเทน อยู่ในช่วง 3 ถึง 4.5 ค่าของกรดอยู่ในช่วง 2-6 และปริมาณร้อยละของสารที่ระเหยไม่ได้อยู่ในช่วง 53.59-56.20%

ตารางที่ 4.6 สมบัติในสถานะของเหลวของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด

สูตร* (ปาล์ม:ลินสีด)	สี (การ์ตเนอร์)	% NV	ค่าของกรด
90:10	3	53.64	2
80:20	3+	54.96	4
70:30	3.5	54.00	4
60:40	4-	56.20	5
50:50	4.5	53.59	6

* อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ OH:NCO เท่ากับ 1:0.8 และบดด้วยเมทานอลทุกสูตร

4.4.1.2 น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร

น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปรที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อหมู่ไอโซไซยาเนตต่าง ๆ กันทุกสูตร มีลักษณะเป็นของเหลวที่มีความหนืดต่ำ (ต่ำกว่า 0.5 สต็อกส์) สีเหลืองใส และเมื่อนำมาทดสอบหาค่าของกรด วัดสี และหาปริมาณร้อยละของสารที่ระเหยไม่ได้ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.7 โดยพบว่า สีของน้ำมันยูรีเทนอยู่ในช่วง 3- ถึง 3.5 ค่าของกรดอยู่ในช่วง 1-3 และปริมาณร้อยละของสารที่ระเหยไม่ได้ อยู่ในช่วง 53.51-55.67 %

ตารางที่ 4.7 สมบัติในสถานะของเหลวของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร

สูตร (OH:NCO)	สี (การ์ตเนอร์)	% NV	ค่าของกรด
1:0.9	3.5	55.59	3
1:0.8	3	54.28	2
1:0.7	3-	55.34	2
1:0.9b	3+	55.67	2
1:0.8b	3-	55.27	1
1:0.7b	3-	53.51	1

ความสามารถในการละลาย

เมื่อนำน้ำมันยูรีเทนทั้งชนิดที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด และจากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร มาทดสอบความสามารถในการละลายในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.8 และ ตารางที่ 4.9 ตามลำดับ โดยพบว่า น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้ทุกสูตร สามารถละลายได้ดีในไซลีน บิวทิลอะซิเตต และไวท์สปีริต แต่ไม่ละลายในนอร์มัลบิวทานอล ซึ่งเป็นผลมาจากโครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันยูรีเทนประกอบด้วยหมู่อะโรมาติก (จากโทลีนไดไอโซไซยาเนต) และมีความเป็นขั้วปานกลาง ทำให้สามารถละลายได้ดีในไซลีนซึ่งเป็นตัวทำละลายอะโรมาติก และบิวทิลอะซิเตตที่มีขั้วปานกลาง (มีค่าพารามิเตอร์การละลายอยู่ในตัวทำละลายกลุ่มที่มีความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนปานกลาง, $\delta_m = 8.5$)

นอกจากนี้ การที่น้ำมันยูรีเทนสามารถละลายได้ในไวท์สปีริต ซึ่งเป็นตัวทำละลายอะลิฟาติกนั้น เป็นผลมาจากโมเลกุลยังประกอบด้วยน้ำมันซึ่งมีโครงสร้างเป็นโซ่อะลิฟาติกยาว ส่วนการที่น้ำมันยูรีเทนไม่เกิดการละลายในนอร์มัลบิวทานอล ก็เนื่องมาจากตัวทำละลายชนิดนี้มีขั้วสูง (มีค่าพารามิเตอร์การละลายอยู่ในตัวทำละลายกลุ่มที่มีความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนสูง, $\delta_s = 11.4$)

ตารางที่ 4.8 ความสามารถในการละลายของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด

สูตร* (ปาล์ม:ลินสีด)	ไวท์สปีริต	ไซลีน	บิวทิลอะซิเตต	นอร์มัลบิวทานอล
90:10	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ไม่ละลาย
80:20	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ไม่ละลาย
70:30	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ไม่ละลาย
60:40	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ไม่ละลาย
50:50	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ไม่ละลาย

* อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ OH:NCO เท่ากับ 1:0.8 และบดด้วยเมทานอล

ตารางที่ 4.9 ความสามารถในการละลายของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร

สูตร (OH:NCO)	ไวท์สปิริต	ไซลีน	บิวทิลอะซิเตต	นอร์มัลบิวทานอล
1:0.9	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ไม่ละลาย
1:0.8	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ไม่ละลาย
1:0.7	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ไม่ละลาย
1:0.9b	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ไม่ละลาย
1:0.8b	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ไม่ละลาย
1:0.7b	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ไม่ละลาย

4.4.2 การทดสอบระยะเวลาการแห้งตัว

การทดสอบหาระยะเวลาการแห้งตัวของฟิล์มยูรีเทน ทำได้โดยนำน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้ มาปาดเคลือบลงบนแผ่นทดสอบที่เป็นโลหะด้วยแอปพลิเคเตอร์ โดยใช้ความหนาของฟิล์มเปียกเท่ากับ 60 ไมโครเมตร

4.4.2.1 น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด

เมื่อนำน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีดที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันลินสีดต่าง ๆ กัน มาทดสอบหาระยะเวลาการแห้งตัวเป็นฟิล์ม ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.10 โดยพบว่า เมื่ออัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันลินสีดลดลง น้ำมันยูรีเทนจะแห้งตัวเป็นฟิล์มได้เร็วขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันชนิดไม่แห้ง ในขณะที่น้ำมันลินสีดเป็นน้ำมันชนิดแห้งเร็ว ดังนั้น เมื่อปริมาณน้ำมันปาล์มลดลงและปริมาณน้ำมันลินสีดเพิ่มขึ้น จึงมีผลทำให้ฟิล์มแห้งตัวได้เร็วขึ้น

ตารางที่ 4.10 ระยะเวลาการแห้งตัวของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วย
น้ำมันลินสีด (ซีวโฆง:นาที)

สูตร* (ปาล์ม:ลินสีด)	แห้งแตะได้ (touch dry)	แห้งแตะไม่ติด (tack-free dry)	แห้งแข็ง (hard dry)
90:10	0:08	0:15	0:25
80:20	0:08	0:13	0:25
70:30	0:06	0:11	0:20
60:40	0:05	0:10	0:13
50:50	0:03	0:07	0:11

* อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ OH:NCO เท่ากับ 1:0.8 และบดด้วยเมทานอล

4.4.2.2 น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร

จากตารางที่ 4.11 ซึ่งแสดงระยะเวลาการแห้งตัวของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร จะเห็นได้ว่า เมื่อปริมาณหมู่ไอโซไซยาเนตลดลง น้ำมันยูรีเทนแห้งตัวได้เร็วขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากการแห้งตัวเป็นฟิล์มของน้ำมันยูรีเทนในกรณีนี้เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยาเนตที่เหลืออยู่กับความชื้นในบรรยากาศ (ดังสมการในรูปที่ 4.8) ดังนั้น น้ำมันยูรีเทนสูตรที่มีปริมาณหมู่ไอโซไซยาเนตต่ำ จึงแห้งตัวเป็นฟิล์มได้เร็วกว่าน้ำมันยูรีเทนสูตรที่มีปริมาณหมู่ไอโซไซยาเนตสูง

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการแห้งตัวของน้ำมันยูรีเทนสูตรที่บด และไม่บดด้วยเมทานอล จะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นสูตรที่ใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อหมู่ไอโซไซยาเนต เท่ากับ 1:0.7 พบว่า ฟิล์มแห้งตัวเร็วขึ้นเล็กน้อยหลังบดด้วยเมทานอล ซึ่งอธิบายได้ว่าน่าจะเป็นผลมาจากหมู่ไอโซไซยาเนตในน้ำมันยูรีเทนลดลงหลังเติมเมทานอล ทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยาเนตและความชื้นในบรรยากาศลดลง ดังนั้น เวลาที่ต้องใช้ในการทำให้ฟิล์มแห้งจึงน้อยกว่า

ตารางที่ 4.11 ระยะเวลาการแห้งตัวของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร (ชั่วโมง:นาที)

สูตร (OH:NCO)	แห้งแตะได้ (touch dry)	แห้งแตะไม่ติด (tack-free dry)	แห้งแข็ง (hard dry)
1:0.9	0:10	0:30	1:30
1:0.8	0:07	0:10	1:00
1:0.7	0:05	0:08	0:40
1:0.9b	0:10	0:30	1:30
1:0.8b	0:07	0:10	1:00
1:0.7b	0:03	0:05	0:35

4.4.3 การทดสอบสมบัติของฟิล์มยูรีเทน

4.4.3.1 สมบัติเชิงกล

เมื่อนำน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้ มาปาดเคลือบลงบนแผ่นทดสอบที่เป็นโลหะด้วยแอปพลิเคชันที่ความหนาของฟิล์มเปียกเท่ากับ 120 ไมโครเมตร จากนั้นทิ้งไว้จนฟิล์มแห้ง แล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.12 และ 4.13 โดยพบว่า ความแข็งซึ่งทดสอบโดยวิธีการขูดขีด (scratch test) ของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ทั้งจากน้ำมันปาล์มที่ดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีดและจากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปรมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนความอ่อนตัวของฟิล์มยูรีเทนที่วัดได้จากการนำแผ่นทดสอบไปดัดโค้งรอบแกนรูปกรวยพบว่า ฟิล์มยูรีเทนทุกสูตรมีความอ่อนตัวดี ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของน้ำมันยูรีเทนที่ประกอบด้วยหมู่อะลิฟาติก ทำให้โมเลกุลมีความอ่อนตัวสูง

จากผลการทดสอบความต้านทานของฟิล์มยูรีเทน พบว่า ฟิล์มยูรีเทนมีความติดแน่นกับพื้นผิววัสดุได้ดีเยี่ยม เนื่องจากการมีหมู่ที่มีขั้วอยู่มากในโมเลกุล โดยเฉพาะอย่างยิ่งหมู่อะมิโนซึ่งสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้กับพื้นผิววัสดุที่เคลือบและกับออกซิเจนของหมู่คาร์บอนิลในตัวเองด้วย

จากการทดสอบความต้านทานต่อการสึกหรอ พบว่า พิล์มยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรทุกสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน ในขณะที่ความต้านทานการสึกหรอของฟิล์มยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปรจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณหมู่ไฮโซไซยานาต ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการมีปริมาณพันธะยูรีเทนหรือพันธะยูเรียที่สูงกว่า

สำหรับผลการทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทกของฟิล์มยูรีเทน พบว่า พิล์มยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้ทุกสูตร มีความทนทานต่อแรงกระแทกสูง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากฟิล์มยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้มีความอ่อนตัวสูง

ตารางที่ 4.12 สมบัติเชิงกลของฟิล์มจากน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด

สูตร* (ปาล์ม : ลินสีด)	ความแข็ง (กรัม)	ความอ่อนตัว (\varnothing ,mm)	ความตืดแน่น	ความต้านทาน การสึกหรอ (รอบ)	ความทนทาน ต่อแรงกระแทก (นิ้ว-ปอนด์)
90 : 10	2000	3	5B	700	160
80 : 20	1800	3	5B	600	160
70 : 30	1500	3	5B	600	160
60 : 40	1600	3	5B	600	160
50 : 50	1700	3	5B	700	160

*อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ OH:NCO เท่ากับ 1:0.8

ตารางที่ 4.13 สมบัติเชิงกลของฟิล์มจากน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร

สูตร (OH : NCO)	ความแข็ง (กรัม)	ความอ่อนตัว (\varnothing ,mm)	ความตืดแน่น	ความต้านทาน การสึกหรอ (รอบ)	ความทนทาน ต่อแรงกระแทก (นิ้ว-ปอนด์)
1 : 0.9	2100	3	5B	900	160
1 : 0.8	2000	3	5B	800	160
1 : 0.7	2000	3	5B	600	160
1 : 0.9b	2000	3	5B	900	160
1 : 0.8b	2000	3	5B	800	160
1 : 0.7b	1900	3	5B	600	160

4.4.3.2 การทดสอบความทนน้ำ ทนกรดและด่าง

เมื่อนำฟิล์มยูรีเทนไปทดสอบความทนน้ำ ความทนต่อกรดและด่าง โดยวิธีการจุ่มในน้ำ กรดและด่างภายในระยะเวลาที่กำหนด แล้วตรวจสอบสภาพฟิล์มเพื่อดูข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ได้ผล ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และ 4.15 โดยพบว่า ฟิล์มยูรีเทนทุกสูตรไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากจุ่มน้ำ และกรดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แสดงว่าฟิล์มมีความทนน้ำและกรดดีเยี่ยม ซึ่งเป็นผลมาจากพันธะ ยูรีเทนเกิดไฮโดรลิซิสได้ยาก อย่างไรก็ตาม เมื่อนำฟิล์มไปทดสอบความทนต่อด่าง พบว่า มีความ ทนด่างพอใช้ เนื่องจากโมเลกุลของน้ำมันยูรีเทนประกอบด้วยหมู่เอสเทอร์ซึ่งสามารถเกิด ปฏิกิริยากับด่างได้

ตารางที่ 4.14 สมบัติความทนน้ำ ความทนกรดและด่างของฟิล์มจากน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด

สูตร* (ปาล์ม:ลินสีด)	ความทนน้ำ (24 ชั่วโมง)	ความทนกรด ¹ (24 ชั่วโมง)	ความทนด่าง ² (ชั่วโมง:นาที)
90:10	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	4:30
80:20	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	4:30
70:30	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	4:30
60:40	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	4:30
50:50	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	4:30

หมายเหตุ * อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ OH:NCO เท่ากับ 1:0.8 และบดลิกด้วยเมทานอล

(1) กรดที่ใช้คือ 5% H₂SO₄

(2) ด่างที่ใช้คือ 3% NaOH เวลาที่ระบุคือ ช่วงระยะเวลาที่ฟิล์มเริ่มเกิดการพอง (blistering) หลังจุ่มในด่าง

ตารางที่ 4.15 สมบัติความหนา ความทนกรดและต่างของฟิล์มจากน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร

สูตร (OH:NCO)	ความหนา (24 ชั่วโมง)	ความทนกรด (24 ชั่วโมง)	ความทนต่าง (ชั่วโมง:นาที)
1:0.9	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	4:30
1:0.8	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	4:30
1:0.7	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	4:30
1:0.9b	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	4:30
1:0.8b	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	4:30
1:0.7b	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	4:30

4.4.3.3 การเปรียบเทียบสมบัติของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้จากน้ำมันยูรีเทนทางการค้า

จากผลการทดสอบสมบัติของน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้ พบว่า น้ำมันยูรีเทนทุกสูตรสมบัติใกล้เคียงกัน ในที่นี้ได้เลือกสูตรที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีดที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันลินสีดเท่ากับ 90:10 อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อหมู่ไอโซไซยานตเท่ากับ 1:0.8 และบล็อกด้วยเมทานอล (สูตร 90:10) และสูตรที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อหมู่ไอโซไซยานตเท่ากับ 1:0.8 ทั้งสูตรที่บล็อกและไม่บล็อกด้วยเมทานอล มาพิจารณาเปรียบเทียบกับน้ำมันยูรีเทนทางการค้า

เมื่อนำน้ำมันยูรีเทนทางการค้ามาทดสอบสมบัติต่าง ๆ และเปรียบเทียบกับน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ดังสูตรที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปผลได้ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 สมบัติของน้ำมันยูรีเทนทางการค้าเปรียบเทียบกับน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีดและที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร

สมบัติในสถานะของเหลว	น้ำมันยูรีเทนทางการค้า	สูตรที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปร*	สูตรที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มไม่ดัดแปร**	
			บดด้วยเมทานอล	ไม่บดด้วยเมทานอล
สี (การ์ดเนอร์)	4.5	3	3-	3
ปริมาณร้อยละของสารที่ระเหยไม่ได้	39.43	53.64	55.27	54.28
ค่าของกรด	1	2	1	2
ความสามารถในการละลาย				
- ไวท์สปริต	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ละลาย
- ไชลีน	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ละลาย
- บิวทิลอะซีเตต	ละลาย	ละลาย	ละลาย	ละลาย
- นอร์มัลบิวทานอล	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย	ไม่ละลาย
ระยะเวลาการแห้งตัว (ชั่วโมง:นาที)				
- แห้งแตะได้	0:07	0:08	0:07	0:07
- แห้งแตะไม่ติด	0:15	0:15	0:10	0:10
- แห้งแข็ง	1:00	0:25	1:00	1:00
สมบัติในสถานะฟิล์มแห้ง				
ความแข็ง(กรัม)	2000	2000	2000	2000
ความอ่อนตัว (ϕ ,mm)	3	3	3	3
ความติดแน่น (cross-cut tape test)	0B	5B	5B	5B
ความต้านทานการสึกหรอ (รอบ)	1500	700	800	800
ความทนน้ำ (RTX 24hr)	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม
ความทนกรด (RTX 24hr)	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม	ดีเยี่ยม
ความทนด่าง (ชั่วโมง:นาที)	5:00	4:30	4:30	4:30

* อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันลินสีดเท่ากับ 90:10

อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ OH:NCO เท่ากับ 1:0.8 และบดด้วยเมทานอล

** อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อหมู่ไอโซไซยาเนตเท่ากับ 1:0.8

เมื่อพิจารณาสมบัติในสถานะของเหลว พบว่า น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้มีสีอ่อนกว่าเล็กน้อย มีความหนืดต่ำกว่ามาก มีปริมาณร้อยละของสารที่ระเหยไม่ได้มากกว่า และมีค่าของกรดใกล้เคียงกัน สำหรับผลการทดสอบความสามารถการละลายในตัวทำละลายต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่า น้ำมันยูรีเทนทางการค้าและน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้ มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยหมู่อะลิฟาติกและอะโรมาติกรวมกัน จึงทำให้สามารถละลายได้ในตัวทำละลายที่เป็นตัวทำละลายอะลิฟาติกและตัวทำละลายอะโรมาติก

เมื่อพิจารณาระยะเวลาการแห้งตัว พบว่า ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์จากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด ใช้เวลาในการแห้งแข็งน้อยกว่า

เมื่อพิจารณาสมบัติในสถานะฟิล์มแห้ง พบว่า น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้มีความอ่อนตัวและความแข็งเท่ากับน้ำมันยูรีเทนทางการค้า แต่มีความติดแน่นสูงกว่า อย่างไรก็ตาม น้ำมันยูรีเทนทางการค้ามีความต้านทานต่อการสึกหรอสูงกว่ามาก นอกจากนี้ ผลของการทดสอบความทนน้ำและความทนกรดให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่ความทนต่างต่อน้ำมันยูรีเทนทางการค้าเล็กน้อย

จากผลดังกล่าวข้างต้นนี้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำมันปาล์มทั้งชนิดที่ผ่านและไม่ผ่านการดัดแปรมาใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทน แต่สำหรับกรณีของน้ำมันยูรีเทนที่เตรียมจากน้ำมันปาล์มดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด มีระยะเวลาการเก็บได้เพียง 2-10 วัน ซึ่งอาจปรับปรุงสมบัตินี้ได้โดยการเติมสารแอนติออกซิแดนท์ลงไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย