

การผลิตวารสารวิทยุรีเทนจากน้ำมันเปลือกมะม่วงหิมพานต์



นางสาว ออฟะหะ ดิ่งห์แพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1784-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF VARNISH POLYURETHANE FROM CASHEW NUT-SHELL LIQUID



Miss. Araha Singphair

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering


Chulalongkorn University

Academic Year 2002


ISBN 974-17-1784-9


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตวารีนิซพอลิยูรีเทนจากน้ำมันเปลือกมะม่วงหิมพานต์
โดย นางสาวอาพะนะ สิงห์แพ
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร บุญหลง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

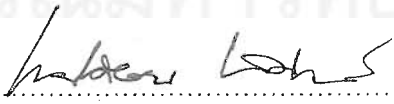

..... คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา จงวิศาล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร บุญหลง)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชชัย ชรินพานิชกุล)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เหมือนเดือน พิศาลพงศ์)

อาพีระนะ สิงห์แพ : การผลิตวารนิชพอลิยูรีเทนจากน้ำมันเปลือกมะม่วงหิมพานต์
(PRODUCTION OF VARNISH POLYURETHANE FROM CASHEW NUT-SHELL
LIQUID) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ศศิธร บุญ-หลง, 111 หน้า. ISBN 974-17-1784-9

ในส่วนแรกนั้นเป็นการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อเตรียมวารนิชพอลิยูรีเทนจากน้ำมันที่ได้จากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ (CNSL) ได้ใช้โทลูอีนไดไอโซไซยาเนต เป็นไอโซไซยาเนตมอนอเมอร์ และดำเนินการทดลองเป็นสองวิธี โดยขึ้นกับอุณหภูมิของปฏิกิริยา ดังนี้ : วิธีที่หนึ่ง ไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยนำส่วนผสมของ CNSL กลีเซอริน และ โทลูอีนไดไอโซไซยาเนตในอัตราส่วนแตกต่างกันมาทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง แล้วกวาดส่วนผสมโดยใช้เวลาต่างๆเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด หลังจากนั้นเติมสารเร่งแห้งซึ่งประกอบด้วยโคบอลต์ แมงกานีส และตะกั่ว ปรับความหนืดด้วยโทลูอีน แล้วหาระยะเวลาการแห้ง วิธีที่สอง ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยนำส่วนผสมของ CNSL และกลีเซอริน ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันมาทำให้ร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ แล้วปล่อยให้เย็นลง เติมโทลูอีนไดไอโซไซยาเนต ลงไปให้ความร้อนอีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์มาเติมสารเร่งแห้ง ปรับความหนืด และหาระยะเวลาการแห้ง เช่นเดียวกับวิธีที่หนึ่ง ในส่วนที่สอง เป็นส่วนของการหาปริมาณของสารเร่งแห้งที่ทำให้วารนิชพอลิยูรีเทนแห้งเร็วที่สุด โดยการหาสัดส่วนของ Co:Mn:Pb ในปริมาณที่ดีและเหมาะสมที่สุด ที่สามารถทำให้วารนิชพอลิยูรีเทนแห้งได้เร็วที่สุด ในส่วนที่ 3 เป็นส่วนของการทดสอบระยะเวลาการแห้งของวารนิชที่เตรียมได้ โดยใช้สัดส่วนของ Co:Mn:Pb ที่ได้จากการทดลองในส่วนที่สอง เพื่อทดสอบระยะเวลาการแห้งที่ผิว (นาทึ) และระยะเวลาการแห้งแข็ง (ชั่วโมง)

จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่ดีที่สุดในการเตรียมวารนิชพอลิยูรีเทนคือ เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสม C:G:TDI เป็น 100กรัม : 20กรัม : 25กรัม โดยให้ความร้อนเป็นสองช่วงช่วงละ 60 นาที ที่อุณหภูมิ 90 ± 5 องศาเซลเซียส สัดส่วนของสารเร่งแห้งที่ทำให้วารนิชพอลิยูรีเทนแห้งเร็วที่สุดคือ 0.050%Co, 0.300%Mn และ 0.750% Pb วิทยานิพนธ์เล่มนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการเตรียมวารนิชพอลิยูรีเทน จากน้ำมันที่ได้จากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ พร้อมกับข้อมูลซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมในประเทศ

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่อผู้ผลิต.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา...2545.....

4270668021 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: VARNISH POLYURETHANE, PRODUCTION, CNSL

ARAHA SINGPHAIR: PRODUCTION OF VARNISH POLYURETHANE FROM CASHEW NUT-SHELL LIQUID. . THESIS ADVISOR: ASST. PROF. SASITHORN BOON-LONG, DR.3^o CYCLE,111 pp. ISBN 974-17-1784-9

Polyurethane varnish was prepared on a laboratory scale from CNSL (cashew nut-shell liquid) using TDI (toluene diisocyanate) as an isocyanate monomer. The study was divided into three sections. The first section is the preparation of polyurethane varnish by two different methods. In the first method, different ratios of CNSL, glycerine and TDI were reacted together at room temperature without additional heating. Driers consisting of cobalt, manganese and lead were added to the resulting mixture and the time of drying was determined after the viscosity was adjusted. In the second method, different ratios of CNSL and glycerine were mixed together and heated at different temperature, then cooled and TDI was added, and the mixture was heated up again. Driers were added to the resulting mixture and the time of drying was determined after the viscosity was adjusted. The second section of the study was to determine the best mixture ratio of the driers used. The final section of the study was to prepare polyurethane varnish from CNSL using the best condition and mixture ratios.

Experimental results showed that the best method of preparation of polyurethane varnish is by heating the mixture of CNSL, glycerine and TDI at a ratio of 100g : 20g : 25g for 60 minutes at 90 ± 5 °C and re-heating again for 60 minutes at the same temperature. The best drier ratio is 0.050% cobalt : 0.300% manganese : 0.750% lead. The results showed that preparation of polyurethane varnish from CNSL is possible.

Department.....CHEMICAL ENGINEERING.....Student's signature.....*Araha Sing*.....

Field of study.....CHEMICAL ENGINEERING.....Advisor's signature.....*Sasithorn Boon-long*.....

Academic year....2002.....Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลาย ๆ ท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิธร บุญ-หลง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงสำหรับการให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา จงวิศาลประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย ชรินพานิชกุล อาจารย์ ดร.เหมือนเดือน พิศาลพงษ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้เสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ และได้แก้ไขเพิ่มเติมส่วนที่บกพร่องของงานวิจัย

ขอขอบพระคุณห้องแล็บสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย สำหรับความเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณเพิ่มสุข มาทะ ที่ช่วยผู้วิจัยสร้างเครื่องมือการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนจากน้ำมันที่ได้จากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ คุณกรรณิการ์ สถาปิตานนท์ และ คุณจีรวัฒน์ สินธุวิช-เศรษฐ์ ที่แนะนำหัวข้อนี้ให้แก่ผู้วิจัย และพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

สุดท้าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งให้กำลังใจ ความเข้าใจแก่ผู้วิจัย ซึ่งช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ และให้ความสนับสนุนทางการเงินตลอดการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฐ
สัญลักษณ์.....	ต

บทที่

1. บทนำ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.2 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2. วารสารปริทรรศน์.....	3
2.1 เมล็ดมะม่วงหิมพานต์.....	3
2.1.1 ส่วนประกอบของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์.....	4
2.1.2 เปลือกเมล็ดของมะม่วงหิมพานต์.....	5
2.2 พอลิยูรีเทน.....	12
2.2.1 ชนิดของพอลิยูรีเทนสำหรับเคลือบผิววัสดุ.....	15
2.2.2 การสลายตัวด้วยความร้อนของยูรีเทน.....	17
2.2.3 สมบัติบางประการทางเคมีของไอโซไซยานาต.....	18
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	20
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี.....	20
3.2 วิธีการทดลอง.....	22
3.2.1 การเตรียมวารนิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม.....	22
3.2.2 การเตรียมวารนิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสม.....	24
3.2.3 การหาปริมาณสารเร่งแห้งที่ทำให้วารนิชแห้งเร็วที่สุด.....	26
3.2.4 การทดสอบระยะเวลาการแห้งโดยให้ความร้อนแก่ส่วนผสม.....	26

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	27
4.1 การเตรียมวารีนิชพอลิยูรีเทน.....	27
4.1.1 การเตรียมวารีนิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม.....	27
4.1.2 การเตรียมวารีนิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสม.....	64
4.2 การหาปริมาณสารเร่งแห้งที่ทำให้วารีนิชพอลิยูรีเทนแห้งเร็วที่สุด.....	74
4.3 การทดสอบระยะเวลาแห้งของวารีนิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนโดยใช้ สัดส่วนของสารเร่งแห้งที่ดีที่สุด.....	77
5. สรุปและวิจารณ์ผล.....	80
5.1 การเตรียมวารีนิชพอลิยูรีเทน.....	80
5.1.1 การเตรียมวารีนิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม.....	80
5.1.2 การเตรียมวารีนิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสม.....	80
5.2 การหาปริมาณสารเร่งแห้งที่ทำให้วารีนิชพอลิยูรีเทนแห้งเร็วที่สุด.....	81
5.3 สัดส่วนของส่วนผสม สารเร่งแห้ง และสภาวะที่ดีที่สุดในการผลิตวารีนิชพอลิ ยูรีเทน.....	81
5.4 ไอโซไซยาเนตโมโนเมอร์.....	82
5.5 สรุปผลการวิจัย.....	82
รายการอ้างอิง.....	84
ภาคผนวก.....	87
ภาคผนวก ก.....	88
ภาคผนวก ข.....	92
ภาคผนวก ค.....	95
ภาคผนวก ง.....	98
ภาคผนวก จ.....	102
ภาคผนวก ฉ.....	106
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	111

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงมาตรฐานของน้ำมันเปลือกมะม่วงหิมพานต์.....	10
2.2 แสดงสมบัติของน้ำมันเปลือกมะม่วงหิมพานต์.....	10
2.3 แสดงองค์ประกอบของไอโซไซยานต "Desmodurs".....	14
2.4 แสดงองค์ประกอบของพอลิเอสเทอร์ "Desmodurs".....	15
2.5 แสดงชนิดของยูรีเทนสำหรับเคลือบผิววัสดุ.....	17
4.1 แสดงอัตราส่วนของวัตถุดิบและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (กรัม) ของส่วนผสมชนิดต่าง ๆ.....	28
4.2 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้โดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมและใช้เวลาในการกวน 20 นาที.....	29
4.3 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้โดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมและใช้เวลาในการกวน 40 นาที.....	31
4.4 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้โดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมและใช้เวลาในการกวน 60 นาที.....	32
4.5 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้โดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมและใช้เวลาในการกวน 80 นาที.....	34
4.6 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้โดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมและใช้เวลาในการกวน 120 นาที.....	35
4.7 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้โดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมและใช้เวลาในการกวน 150 นาที.....	37
4.8 แสดงเวลาที่ใช้ในการกวนส่วนผสม(นาที) กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที)ของส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด.....	38
4.9 แสดงเวลาที่ใช้ในการกวนส่วนผสม(นาที) กับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง)ของส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด.....	39
4.10 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กติเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ 50-60 องศาเซลเซียสจึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 30 นาที ที่ 90 ± 5 องศาเซลเซียส.....	41

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.18 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิขพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อน แก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็น เวลา 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ 50-60 องศาเซลเซียสจึงเติม TDI แล้ว ให้ความร้อนต่อไปอีก 90 นาที ที่ 90 ± 5 องศาเซลเซียส.....	58
4.19 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิขพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อน แก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็น เวลา 60 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ 50-60 องศาเซลเซียสจึงเติม TDI แล้ว ให้ความร้อนต่อไปอีก 90 นาที ที่ 90 ± 5 องศาเซลเซียส.....	60
4.20 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิขพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อน แก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็น เวลา 90 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ 50-60 องศาเซลเซียสจึงเติม TDI แล้ว ให้ความร้อนต่อไปอีก 90 นาที ที่ 90 ± 5 องศาเซลเซียส.....	62
4.21 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิขพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อน แก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็น เวลา 120 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ 50-60 องศาเซลเซียสจึงเติม TDI แล้ว ให้ความร้อนต่อไปอีก 90 นาที ที่ 90 ± 5 องศาเซลเซียส.....	64
4.22 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิขพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อน แก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็น เวลา 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ 50-60 องศาเซลเซียสจึงเติม TDI แล้ว ให้ความร้อนต่อไปอีก 120 นาที ที่ 90 ± 5 องศาเซลเซียส.....	66
4.23 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิขพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อน แก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็น เวลา 60 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ 50-60 องศาเซลเซียสจึงเติม TDI แล้ว ให้ความร้อนต่อไปอีก 120 นาที ที่ 90 ± 5 องศาเซลเซียส.....	68

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.24 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อน แก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลิเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็น เวลา 60 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ 50-60 องศาเซลเซียสจึงเติม TDI แล้ว ให้ความร้อนต่อไปอีก 120 นาที ที่ 90 ± 5 องศาเซลเซียส.....	70
4.25 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อน แก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลิเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็น เวลา 120 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ 50-60 องศาเซลเซียสจึงเติม TDI แล้ว ให้ความร้อนต่อไปอีก 120 นาที ที่ 90 ± 5 องศาเซลเซียส.....	72
4.26 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนเมื่อใช้สารเร่งแห้งปริมาณแตกต่างกัน...	74
4.27 เปรียบเทียบระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนจากการเตรียมโดยวิธี ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่อุณหภูมิแตกต่างกัน โดยใช้สารเร่งแห้งที่ประกอบด้วย 0.050 % Co, 0.300% Mn, และ 0.750% Pb.....	77

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	แสดงสัดส่วนขององค์ประกอบที่มีอยู่ใน CNSL..... 11
3.1	ขั้นตอนการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่สารผสม..... 23
3.2	ขั้นตอนการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนแก่สารผสม..... 25
4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสม กับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง... 28
4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที่) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 20 นาที..... 30
4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 20 นาที..... 30
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที่) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 40 นาที..... 31
4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 40 นาที..... 32
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที่) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธี ไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 60 นาที..... 33
4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 60 นาที..... 33
4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที่) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 80 นาที..... 34
4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 80 นาที..... 35

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	แสดงสัดส่วนขององค์ประกอบที่มีอยู่ใน CNSL..... 11
3.1	ขั้นตอนการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่สารผสม..... 23
3.2	ขั้นตอนการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่สารผสม..... 25
4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสม กับปริมาณวัตถุบิที่ใส่ทดลอง... 28
4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาทึ) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 20 นาที..... 30
4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 20 นาที..... 30
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาทึ) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 40 นาที..... 31
4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 40 นาที..... 32
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาทึ) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธี ไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 60 นาที..... 33
4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 60 นาที..... 33
4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาทึ) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 80 นาที..... 34
4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 80 นาที..... 35

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาทึ) ของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 120 นาที.....	36
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 120 นาที.....	36
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาทึ) ของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 150 นาที.....	37
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการ กวน 150 นาที.....	38
4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการกวน(นาทึ) กับระยะเวลาการแห้ง ที่ผิว(นาทึ) ของส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด.....	39
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการกวน(นาทึ) กับระยะเวลาการแห้ง แข็ง(ชั่วโมง) ของส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด.....	40
4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆกับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาทึ) ของการทดลองที่ 1 ถึง 18 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1 , 4.1.2.2 และ 4.1.2.3.....	42
4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆกับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 1 ถึง 18 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1 , 4.1.2.2 และ 4.1.2.3.....	43
4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆกับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาทึ) ของการทดลองที่ 19 ถึง 36 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1 , 4.1.2.2 และ 4.1.2.3.....	45
4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆกับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 19 ถึง 36 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1 , 4.1.2.2 และ 4.1.2.3.....	45
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆกับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาทึ) ของการทดลองที่ 37 ถึง 54 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1 , 4.1.2.2 และ 4.1.2.3.....	47

สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.49 ระยะเวลาการแห้งที่ผิวของการทดลองทั้งหมดในงานที่ศึกษา.....	76
4.50 ระยะเวลาการแห้งแข็งของการทดลองทั้งหมดในงานที่ศึกษา.....	76
4.51 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลอง กับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง (วัน) โดยใช้สารเร่งแห้งที่มีสัดส่วนที่ดีที่สุด	78
4.52 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลอง กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(ชั่วโมง) โดยใช้สารเร่งแห้งที่มีสัดส่วนที่ดีที่สุด.....	79



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์

- C น้ำมันเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (cashew nut-shell liquid)
 G กลีเซอริน (Glycerine)
 1 อัตราส่วนของ C : G : TDI เป็น 3 : 1 : 1
 2 อัตราส่วนของ C : G : TDI เป็น 3 : 0.75 : 1
 3 อัตราส่วนของ C : G : TDI เป็น 3 : 0.50 : 1
 4 อัตราส่วนของ C : G : TDI เป็น 3 : 0.25 : 1

ตัวเลขที่ห้อยด้านล่างแสดงปริมาณเป็นกรัมของสาร เช่น $C_{100}G_{20}TDI_{25}$ หมายถึง สารผสม ประกอบไปด้วย CNSL 100 กรัม Glycerine 20 กรัม และ TDI 25 กรัม



บทที่ 1

บทนำ

เนื่องด้วยมะม่วงหิมพานต์เป็นผลไม้เมืองร้อน ปลูกขึ้นได้ง่าย สามารถขึ้นได้ในทุกสภาพภูมิอากาศ ทนแล้งดี แม้จะเป็นดินทราย ดินกรวดลูกรัง หรือดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่มาแล้วก็ขึ้นได้ ขอเพียงแต่มีระบบการระบายน้ำที่ดี อย่าให้มีน้ำขัง ซึ่งพื้นที่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย มีลักษณะที่สามารถปลูกมะม่วงหิมพานต์ได้ มะม่วงหิมพานต์เป็นผลไม้พื้นเมืองของทวีปอเมริกาใต้ มีการปลูกกันทั่วไปตั้งแต่เม็กซิโกถึงเปรู และปลูกกันมากที่บราซิล โดยเฉพาะทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศบราซิล มีสภาพเป็นป่ามะม่วงหิมพานต์ สำหรับมะม่วงหิมพานต์ในประเทศไทยนั้นไม่มีหลักฐานที่แน่นอนว่าเข้ามาตั้งแต่เมื่อไหร่ แต่พ่อสันนิษฐานได้ว่าประมาณปี พ.ศ. 2444 ได้มีการนำเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มาจากประเทศมาเลเซีย มาทดลองปลูกที่จังหวัดตรัง แหล่งปลูกมะม่วงหิมพานต์ส่วนใหญ่จึงอยู่ในภาคใต้ แต่ปัจจุบันมีการส่งเสริมการปลูกมะม่วงหิมพานต์จนกระทั่งกลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ มะม่วงหิมพานต์เป็นไม้ยืนต้นตระกูลเดียวกับมะม่วงชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่าอะนาคาร์เดียมอ็อกซิเดนทัล ชื่อทางการค้ามีหลายชื่อด้วยกันเช่น แครชิลที่ เคอนอล(อังกฤษ) อะแมนเดส ดี อะนาเคด(เยอรมันนี) และอื่นๆ

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อผลิตวารนิชพอลิยูรีเทนจาก CNSL ในระดับห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลในการทำปฏิกิริยาของส่วนผสม ตัวแปรดังกล่าวได้แก่
 - 2.1 อุณหภูมิ
 - 2.2 เวลาในการให้ความร้อน
 - 2.3 สัดส่วนของส่วนผสม
3. เพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตวารนิชพอลิยูรีเทนจาก CNSL
4. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตวารนิชพอลิยูรีเทนจาก CNSL

1.2 ขอบเขตงานวิจัย

1. ทดลองผลิตวารีนิชพอลิยูรีเทนจาก CNSL ในระดับห้องปฏิบัติการ โดยให้ทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน คอนเดนเซชัน และพอลิแอดดิชัน
2. ตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ
 - 2.1 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาอยู่ในช่วง 80–155^oซ
 - 2.2 เวลาในการให้ความร้อนไม่เกิน 3 ชั่วโมง
 - 2.3 ปริมาณวัตถุดิบและเคมีภัณฑ์รวมกันไม่เกิน 200 กรัมต่อการทดลอง
3. วัตถุดิบและเคมีภัณฑ์ที่ได้แก่ น้ำมันเปลือกมะม่วงหิมพานต์ กลีเซอริน โทลูอีน ไดไอโซไซยาเนต โทลูอีน และสารเร่งแห้ง
4. ทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ซึ่งได้แก่
 - 4.1 ความหนืด
 - 4.2 ระยะเวลาการแห้ง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการนำเอาสิ่งที่เหลือทิ้งทางการเกษตร มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในอุตสาหกรรม
2. เป็นข้อมูลเบื้องต้น ในการพัฒนากระบวนการผลิตวารีนิชพอลิยูรีเทนจาก CNSL สำหรับอุตสาหกรรมวารีนิชในประเทศไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทรรศน์

มะม่วงหิมพานต์เป็นไม้ยืนต้นในตระกูลเดียวกับมะม่วง (Family Anacardiaceae) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า แอนนาคาร์เดียม อ็อกซิเดนเทิล ลินน์ (Acajuba Occidentalis Gartu; Cassuvium pomiferum lam) ทางการค้ามีหลายชื่อด้วยกัน เช่น แคชซิลที่ เคอเนล (อังกฤษ) อะแมนเดส ดี แอนนาคาร์ตี (เยอรมันนี) อะคาจูนัท (ฝรั่งเศส) แคสแทนฮอดซ์คาจ (โมซัมบิก) แจมบาญเจ็ต (อินโดนีเซีย) มาลานอน หรือ คาจูล (สเปน) ส่วนในประเทศไทยนั้น คำว่ามะม่วงหิมพานต์เป็นชื่อเรียกอย่างเป็นทางการ แต่ในท้องถิ่นต่างๆ ของไทยจะเรียกชื่อมะม่วงหิมพานต์แตกต่างกันออกไป เช่น ทางภาคใต้เรียกว่า กานหี กานหุ ยาหัย ยาห้อย ยาร่วง หัวครก เล็ดล่อ ท้ายล่อ กะแตแหล นายอ มะม่วงทูนหน้อย มะม่วงยางทุย ส้ม ม่วงทูนหน้อย ตำหยาว และในภาคอื่นๆ เรียกกันว่า มะม่วงไม่รู้หาว และมะม่วงกาสุก เป็นต้น มะม่วงหิมพานต์เป็นไม้เมืองร้อน ปลูกขึ้นได้ดีในประเทศที่มีอากาศร้อนและฝนตกชุก เป็นพันธุ์ไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบ (Evergreen tree) ปลูกขึ้นได้ง่าย ทนแล้งได้ดี และปลูกได้ในดินทุกชนิด

มะม่วงหิมพานต์เป็นผลไม้พื้นเมืองของทวีปอเมริกาใต้ มีปลูกกันทั่วไป ตั้งแต่เม็กซิโกจนถึงเปรู และปลูกกันมากที่บราซิล นักเดินทางชาวโปรตุเกส เป็นผู้นำออกจากประเทศบราซิล เมื่อประมาณ 400 ปีมาแล้ว (ต้นศตวรรษที่ 16) และได้มาทดลองปลูกที่ประเทศอินเดีย ซึ่งต่อมาได้กระจายออกอย่างกว้างขวางทางตอนใต้ของอินเดียยังผลให้อินเดียเป็นผู้ผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ออกสู่ตลาดโลกและครองตลาดอยู่ในเวลานี้

สำหรับมะม่วงหิมพานต์ในประเทศไทยนั้น ไม่มีหลักฐานยืนยันที่แน่นอนว่าเข้ามาตั้งแต่เมื่อไร แต่พอสันนิษฐานได้ว่า ประมาณปี พ.ศ. 2444 พระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี (คอซิมบี๊ ณ ระนอง) ขณะที่ดำรงตำแหน่งเทศาภิบาลเป็นคนแรกที่นำเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มาจากประเทศมาเลเซีย มาทดลองปลูกที่จังหวัดตรัง แหล่งปลูกมะม่วงหิมพานต์ส่วนใหญ่อยู่ทางภาคใต้ เช่น สงขลา ปัตตานี นครศรีธรรมราช และนราธิวาส ซึ่งมะม่วงหิมพานต์เป็นพืชที่ปลูกได้ในทุกสภาพดิน ฟ้า อากาศ ของประเทศไทยและส่วนใหญ่ปลูกมากในภาคใต้ (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ 2520) นอกจากนี้ โครงการปลูกไม้ยืนต้นแบบประชอาสาของรัฐยังเน้นให้มีการส่งเสริมการปลูกมะม่วงหิมพานต์เพื่อเป็นพืชเศรษฐกิจในภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนืออีกด้วย (กรมประชาสัมพันธ์ 2523)

2.1 มะม่วงหิมพานต์

มะม่วงหิมพานต์จัดอยู่ในจำพวกไม้ขนาดกลาง มีความสูง 20-40 ฟุต มีขนาดประมาณ 1-3 ฟุต เนื้อไม้เป็นไม้เนื้ออ่อนมีเปลือกหุ้ม และมียางสีเหลืองและเหนียว เนื้อไม้มีสีเทา หรือสีน้ำตาลแดง ส่วนเปลือกมีสีน้ำตาลปนเทา และมี น้ำรสฝาด (Tannin) ใบมีลักษณะหนา คล้ายรูปไข่ โดยใบแหลมปลายป้อม หรือป้านคล้ายใบลั่นทมยาวประมาณ 10-12 cm กว้างประมาณ 5-7.5 cm เส้นกลางใบและเส้นข้างชัดเจนสีเขียวทั้งใบ ดอกมะม่วงหิมพานต์เป็นช่อ (Panicles) ในช่อดอกจะมีดอกผู้อยู่ประมาณร้อยละ 69 และมีดอกสมบูรณ์เพศ และดอกเมียที่ผลิดอยู่ประมาณร้อยละ 4 ลักษณะของดอกจะเล็ก เบา สีเหลืองแกมเขียว มีกลิ่นหอมคล้ายดอกพิกุล ส่วนของมะม่วงหิมพานต์ที่คนทั่วไปเรียกกันว่าผลนั้นแท้จริงคือ ก้านดอกที่ขยายตัวเจริญขึ้นภายหลังที่ได้รับการผสมเกสร ส่วนที่เป็นผลจริงๆ คือเมล็ดที่มีรูปร่างเหมือนไตที่ติดอยู่ตรงปลายสุดของก้าน ในระยะแรกเมล็ดจะมีขนาดใหญ่กว่าก้านดอก เมื่อเมล็ดหยุดการเจริญเติบโตแล้ว ก้านดอกจะขยายตัวพองขึ้นจนมีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดหลายเท่า มักเรียกผลมะม่วงหิมพานต์หรือส่วนที่เป็นก้านดอกนี้ว่า แคนชิล แอปเปิ้ล (cashew apple)

เมล็ด (nut) มีลักษณะคล้ายไตติดอยู่ตรงปลายก้านดอก เมื่อเจริญเติบโตในระยะแรกจะมีสีชมพู หรือม่วง แล้วเปลี่ยนเป็นสีเขียว มีลักษณะผิวค่อนข้างอ่อน เมื่อโตเต็มที่จะลดขนาดลงเปลือกจะแข็ง และเปลี่ยนเป็นสีเทาอมเขียว และสีน้ำตาลปนเทาเมล็ดประกอบด้วยส่วนของเปลือกประมาณ 72-74 % และเมล็ดในอีก 25% อัตราส่วนนี้อาจแตกต่างกันในแต่ละแหล่งที่ปลูก

2.1.1 ส่วนประกอบต่างๆของมะม่วงหิมพานต์

ราก	ใช้เป็นยาฝาดสมานแผล แก้โรคท้องร่วง
ลำต้น	มียางฝาดซึ่งสามารถสกัดด้วยตัวทำละลายเช่น อีทิลแอลกอฮอล์ นำมาใช้ทำกาวผสมสีหมึก ส่วนยางที่ไหลตามลำต้นมีสีเหลืองใช้ทำน้ำมันชักเงา ทำเชลลิกป้องกันแมลงรบกวน
เปลือก	เป็นสมุนไพร นำมาต้มกับน้ำใช้ล้างปากคอบอกันหวัด ใช้รักษาโรคเบาจัด โรคผิวหนัง โรคความดันโลหิตสูง มีรายงานว่าในประเทศบราซิลใช้รักษาไข้มาลาเรีย และถอนพิษงู
ใบ	ใบอ่อนและยอดใช้เป็นผัก มีธาตุเหล็กและแคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ เป็นสมุนไพรใช้รักษาแผลในกระเพาะอาหาร เป็นยาสมานลำไส้ บรรเทาอาการท้องร่วง ใบแก่ใช้บำบัดพอกแผลที่เกิดจากไฟไหม้ หรือน้ำร้อนลวก
เปลือกเมล็ด	เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เมื่อนำมาสกัดจะได้น้ำมันชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นของเหลว สีน้ำตาลเข้ม เหนียวข้น ไม่ละลาย

น้ำแต่ละลายในตัวทำละลายแทบทุกชนิด มีชื่อเรียกทางการค้าระหว่างประเทศว่า แคชซิล นัท-ซลล์ ลิคควิด หรือเรียกย่อๆว่า CNSL เป็นสารที่มีพิษต่อผิวหนัง เมื่อถูกความร้อนสูงจะระเหยมีกลิ่นฉุน กัดเยื่อจมูกและนัยน์ตา ใน CNSL จะมีสารชนิดหนึ่งชื่อ อะนาคาดีค แอซิด (Anacardic acid) ซึ่งมีฤทธิ์กัดผิวหนัง จึงนำมาใช้กับโรคต่างๆ ของผิวหนัง เช่น ตาปลา หูด ขี้กลาก เกาต์ เนื้อในของเมล็ด ใช้รับประทาน

ดังนั้นจะสามารถจำแนกประโยชน์ออกเป็นทางการแพทย์ ทางอุตสาหกรรม และทางด้านการบริโภคได้อย่างกว้างๆ ดังนี้

ประโยชน์ทางการแพทย์ สามารถใช้กับผู้ป่วยที่เป็นโรคเหน็บชา เลือดคั่ง โรคเรื้อน โรคเท้าช้าง วัณโรคผิวหนัง โรคเรื้อนวงแหวน โรคหูด ตาปลา และโรคเท้าแตก นอกจากนี้ยังใช้ในการเสริมสวยอีกด้วย เช่น ใช้ลอกหน้าที่เกิดการตกกระบนผิวหนัง แต่เนื่องจาก CNSL ให้ความระคายเคืองสูง เป็นอันตรายมาก ถ้ารับประทานเข้าไป กล้ามเนื้อต่างๆ จะไม่สามารถควบคุมได้ และทำให้หายใจขัดจังหวะ น้ำมันนี้ถ้าฉีดเข้าไปใต้ผิวหนังเป็นจำนวนมาก แม้ไม่ถึงตาย แต่จะทำให้เกิดอาการมีนงง มือเท้าเป็นอัมพาต และท้องร่วง

ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม CNSL ที่สกัดจากเปลือกผลมะม่วงหิมพานต์ ประเทศที่นำเข้ามาก็นิยมนำไปทำผ้าเบรค และแผ่นคลัช ซึ่งผ้าเบรคที่ทำขึ้นจาก CNSL นี้มีคุณสมบัติทนทานต่อความร้อนที่เกิดจากแรงเสียดทานได้ดี จนถึงอุณหภูมิสูงถึงประมาณ 200°C จึงเหมาะสำหรับผ้าเบรคสำหรับดรัมเบรค (Drum Brake) เท่านั้น นอกจากนี้น้ำมันจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ใช้ในการทำลูกกลิ้งยาง เครื่องพิมพ์ดีด ฉนวนป้องกันไฟฟ้าแมกนีโต อเมเจอร์ (Megneto armature) สำหรับเครื่องบิน กระเบื้องยางปูพื้น น้ำมันชักเงา น้ำมันหล่อแบบ ในอุตสาหกรรมพลาสติก ผสมน้ำมันลินซีด (Linseed) หรือน้ำมันทัง (Tung oil) สามารถใช้ทำกาว ใช้ CNSL ในการย้อมย้อมให้ทนทาน ทาผลิตภัณฑ์ไม้กันปลวก กำจัดตัวอ่อนยุง โดยผสมกับพาราฟินเหลว (Parafin) แล้วเทคลุมน้ำ

ประโยชน์ทางการบริโภคคือ ผลที่ได้จากก้านช่อดอก สามารถนำมารับประทานได้ และเนื้อใน (Kernel) ได้มีการนำมารับประทาน และเป็นสินค้าส่งออกเพื่อบริโภค ที่สำคัญ

2.1.2 เปลือกของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

สิ่งที่สนใจในงานวิจัยนี้คือเปลือกของมะม่วงหิมพานต์ซึ่งมีความหนาประมาณ $1/8$ นิ้ว โดยภายในเปลือกมียางชั้นเหนียวที่สามารถสกัดออกมาใช้ประโยชน์ได้ สารที่น่าสนใจตัวนี้ก็คือ CNSL ซึ่งปัจจุบันมีวิธีการสกัดที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม 3 วิธี คือ

- การสกัดด้วยวิธีบีบหรืออัด (expelling or screw press)

จะใช้เครื่องเช่น ไฮดรอลิกเพรส (hydraulic press) หรือ สกรูเพรส (screw press)

หลังจากอัดโดยวิธีนี้แล้วจะมีน้ำมันเหลือในกากประมาณร้อยละ 4-5 ของน้ำหนักเมล็ด ซึ่งเป็นวิธีที่ทำกันมากที่สุด

- การสกัดด้วยความร้อน (hot-oil-bath)

แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

วิธีแรกจะบรรจุเปลือกเมล็ดไว้ในภาชนะทรงกระบอก แล้วผ่านไอน้ำร้อนที่มีความร้อนประมาณ $200-250^{\circ}\text{C}$ ลงไปประมาณ 2-3 นาที ก็จะได้น้ำมัน CNSL ออกมา วิธีนี้จะได้น้ำมัน CNSL ออกมาร้อยละ 7-12 ของน้ำหนักเมล็ด

อีกวิธีคือ การจุ่มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบหรือเปลือกมะม่วงหิมพานต์ลงในในภาชนะที่เคี่ยวน้ำมัน CNSL อยู่จนเดือด ความร้อนจะทำให้ไขมัน CNSL ไหลซึมออกมาภายนอก วิธีนี้จะได้น้ำมัน CNSL ร้อยละ 6-12 ของน้ำหนักเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบ

- การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent extraction)

เป็นวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยาก เครื่องมือ เครื่องจักร มีราคาแพง เหมาะสำหรับทำเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และมีปริมาณเปลือกมากพอสำหรับป้อนโรงงานจำนวนมากและสม่ำเสมอเท่านั้น

ในขั้นเตรียมการนั้น จะกำจัดเศษผง เศษเหล็ก โดยอาจใช้แม่เหล็กดูดเศษเหล็กออกก่อน จากนั้นเปลือกเมล็ดจะถูกสับออกเป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อลดความชื้นและสามารถสกัด CNSL ได้สะดวกยิ่งขึ้น เมื่อสับเมล็ดเป็นชิ้นย่อยๆ แล้วจะเติมสารละลายลงไปจะได้ CNSL ที่มีตัวทำละลายผสมอยู่ นำของผสมนี้ผ่านไปยังเครื่องกลั่นที่จะทำให้ตัวทำละลายระเหยกลายเป็นไอ นำสารละลายที่ระเหยกลายเป็นไอนี้ไปควบแน่นก็จะกลายเป็นสารละลายที่สามารถนำกลับมาใช้ในขบวนการผลิตได้อีก ส่วนของเหลวที่เป็น CNSL จะถูกนำกลับไปกลั่นอีกจนกว่าจะไม่มีตัวทำละลายเจือปนอยู่จึงจะหมดขั้นตอนการผลิต

การวิเคราะห์ CNSL ดำเนินการวิเคราะห์และพิจารณาเกณฑ์ยอมรับดังต่อไปนี้

- Ash Content, % คือการวิเคราะห์ค่าเถ้าในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก
- Gel Time (second) คือการหาเวลาที่ทำให้ CNSL กลายเป็นเจล ในหน่วยวินาที
- Iodine value (catalytic) มิลลิกรัมต่อกรัม คือการวิเคราะห์ค่าการดูดซับแบบคาทาไลติก ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัม
- Loss weight on heating, % คือ การวิเคราะห์ค่าสารระเหย ในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก

- Matter insoluble in toluene, % คือ การวิเคราะห์ค่าสิ่งปนเปื้อนที่ไม่ละลายในสารละลาย โทลูอีนในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก
- Moisture, % คือ การวิเคราะห์ค่าความชื้น ในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนัก
- Specific gravity, 30/30^๐ซ คือ การวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะ ที่อุณหภูมิ 30^๐ซ
- Viscosity at 30^๐ซ in cP คือ การวิเคราะห์ค่าความหนืดในหน่วยเซ็นติพอยท์

วิธีการวิเคราะห์และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

- แอชคอนเทนต์ (Ash Content)

อุปกรณ์ : เครื่องชั่ง เตาเผา ครุสซีเบิล

วิธีการ : ชั่งน้ำหนัก CNSL 2 กรัม เอามาเผาที่อุณหภูมิ 400^๐ซ เป็นเวลา 15 นาที โดยเพิ่มความร้อนทีละ 20^๐ซ ทุก 5 นาที จนถึง 600-700^๐ซ. เป็นเวลาประมาณ 90 นาที แล้วแต่ว่าเขมาจะหมด หลังจากนั้นปิดฝาแล้วเผาที่อุณหภูมิ 800^๐ซ จนเป็นเถ้า แล้วเปิดฝา เผาต่ออีก 15 นาที รอให้เย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ : $\text{Weight loss, \% by wt} = 100w / W$
 โดยที่ $w =$ น้ำหนักในหน่วยกรัมของเถ้า
 $W =$ น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ.
- เจลไทม์ (Gel Time)

อุปกรณ์ : เครื่องชั่ง เจลไทม์มิเตอร์(Sunshine 22A)

วิธีการ : นำน้ำมันที่ถูกดีไฮโดรเรต 5.0 ± 0.1 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง ขนาด 150 มล. แล้วจึง ปิดด้วย 0.5 มล. ของกรดซัลฟิวริก 25% แล้วจึงใส่สารผสมด้วยแกรสรอท (Glass rod) แล้วใส่หลอดทดลองในอ่างน้ำ ซึ่งถูกให้ความร้อน $176 \pm 1^{\circ}\text{ซ}$ แล้วจึงสวิชท์ออนของเจลไทม์ มิเตอร์ทันทีที่ใส่หลอดทดลองในอ่าง จากนั้นกดออน ของปุ่มบัสเซอร์ ซึ่งจะหยุดอัตโนมัติ เมื่อเรซินเซ็ทแล้ว จึงเคลื่อนหลอดทดลองจากอ่าง แล้วกดปุ่มออฟของบัสเซอร์ ต่อจากนั้นจึง ย้ายแกรสรอทจากหลอดทดลองแล้วทำความสะอาดด้วยโครโซติกด้วยอะซีโตนหรืออัลกอฮอล์
- ไอโอดีนวาลิว (Iodine Value)

อุปกรณ์ : เครื่องชั่ง เตาไฟฟ้า อิเล็กทริกฮีตเพลต กราวแกรสดีออปเปอร์เออร์เลนเมเยอร์ ฟาล์ก 20 มล. บิวเรตคาร์บอนเตตระคลอไรด์ สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดร์ 10 กรัม ในน้ำ 90 มล. สารละลายแป้ง สารละลายแอมพิวล์สะแตนด์ดาดโคโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 โมล สารละลายวิกไอโอดีนโมโนคลอไรด์

วิธีการ : ให้ความร้อนในส่วนขอส่วนประกอบอย่างช้า ๆ ที่ $205 \pm 5^{\circ}\text{ซ}$ บนอิเล็กทริกฮีตเพลต ด้วยการกวนที่ต่อเนื่องจนกระทั่งไม่มีฟองทำให้เย็นแล้วกรอง นำส่วนประกอบที่ถูกกรองใส่ลงในขวดเวลกราวแกรส- ดีออปเปอร์ เออร์ เดิมคาร์บอนเตตระ 20 มล. แล้วจึงกวนเพื่อให้ละลาย

จากนั้นจึงปิเปตสารละลายยวีก 50 มล. แล้วเติมเมอร์คิวริคอะซิเตด 20 ล. ปิดขวดแก้วกันปอง และกวนสารผสม 1 นาที นำไปไว้ในที่มืด 2 นาที ทำการทดลอง 2 แบบลงค์เพื่อตัดตสันใจ จาก นั้นจึงเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดร์ 50 มล. ตามด้วยน้ำ 100 มล. นำมาไตเตรดกับ โซเดียมไทโอซัลเฟตโดยใช้แบ่ง 2 มล. เป็นอินดิเคเตอร์ บอจจตุยติการไตเตรด แล้วจึงนำมา คำนวณ

การคำนวณ: Iodine value = 12.69 (B-S) N/W

โดยที่ B = ค่าเฉลี่ยของปริมาตรของโซเดียมไทโอซัลเฟตทั้ง 2 ครั้งที่ใช้เป็น การตัดสันแบบลงค์ (ในหน่วยมิลลิลิตร)

S = ปริมาตรของโซเดียมไทโอซัลเฟตสำหรับตัวอย่าง (ในหน่วยมิลลิลิตร)

N = ค่าความเข้มข้นของโซเดียมไทโอซัลเฟต

W = น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาทดลอง (ในหน่วยกรัม)

- การสูญเสียน้ำหนักโดยการให้ความร้อน (Loss weight on heating)

อุปกรณ์: เครื่องชั่ง อิเล็กทริกฮีตเพลท ปีกเกอร์ 600 มล.

วิธีการ: ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 100 กรัม ใส่ในปีกเกอร์ขนาด 600 มล. แล้วนำมาให้ความร้อนจนถึง $205 \pm 5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นจึงคนทุก ๆ 2 นาที (ประมาณ 30 นาที) แล้วจึงย้าย ปีกเกอร์นำมาทำให้เย็น ชั่งน้ำหนักนำมาคำนวณต่อ

การคำนวณ: Weight loss, (% by Wt) = 100 w/W

โดยที่ w = น้ำหนักของสารที่ให้ความร้อนแล้ว (ในหน่วยกรัม)

W = น้ำหนักของสารตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ (ในหน่วยกรัม)

- สสารที่ละลายได้ในโทลูอีน (Matter Insoluble in toluene)

อุปกรณ์: เครื่องชั่ง โทลูอีน กระดาษกรอง กรวย ตู้อบ

วิธีการ: ชั่งน้ำหนักส่วนประกอบที่ถูกผสมเป็นอย่างดี 50 กรัม ใส่ในขวดแก้วรูปกรวยทำการ ละลายกับน้ำบวอเตอร้บาท (ปริมาณเป็น 4 เท่าของโทลูอีน) จากนั้นกรองสารละลายผ่าน กระดาษกรองซึ่งก่อนหน้านั้นทำให้แห้งที่ 100°C ต่อจากนั้นจึงเคลื่อนส่วนที่ไม่ละลาย ที่เหลือ จากกระดาษกรอง แล้วล้างส่วนที่เหลือด้วยโทลูอีน จนกระทั่งหยดปริมาณเล็กๆของการให้ผล ของของเหลวที่ผ่านการกรองแล้วไม่มีส่วนที่เหลือบนการระเหย ต่อจากนั้นทำให้กระดาษกรอง แห้งที่ $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เพื่อให้ได้น้ำหนักที่คงที่ แล้วจึงนำมาคำนวณ

การคำนวณ: Matter insoluble in toluene, (% by Wt) = 100 w/W

โดยที่ w = น้ำหนักของ residue (ในหน่วยกรัม)

W = น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ (ในหน่วยกรัม)

- ค่าความชื้น (Moisture Content)

อุปกรณ์ : ชุดกลั่นดินสะตาร์ทศแอฟฟาราตัส ขนาดแก้วขนาดจุ 500 หรือ 1000 มล. อิเล็กทริก-ฮีตเตอร์ ปีกเกอร์ ไซลีนหรือโทลูอินแห้ง

วิธีการ : ชั่งสาร CNSL มา 100 กรัม ใส่ขวดแก้ว 500 มล. หรือ 1000มล.เติมโทลูอิน ประมาณ 100 กรัม(ปริมาตรเท่ากับ CNSL) แล้วปิดฝาจากเขย่าเพื่อให้เข้ากัน ทิ้งไว้สักครู่หนึ่ง ต่อจากนั้น จึงเตรียมบิวเรตซึ่งใช้สำหรับอ่านปริมาตรน้ำที่กลั่นออกมาได้ เอน้ำกลั่นใส่ในบิวเรตให้อยู่ที่ขีด 50มล.กลั่นโดยเอาชุดกลั่นสวมในขวดแก้วและตั้งที่ฮอตเพลตให้ความร้อนประมาณครึ่งชั่วโมง เพื่อกลั่นเอาสารละลาย (น้ำ+โทลูอิน)ออกมา ซึ่งใช้เวลาประมาณครึ่งชั่วโมงเพื่อยุติการทดลอง (ปริมาตรน้ำคงที่) แล้วจึงเทสิ่งที่กลั่นได้ในบิวเรต รอจนกว่าสารละลาย (น้ำ+โทลูอิน) เย็นลง อ่านปริมาตร ดูว่ามีปริมาตรน้ำกี่มิลลิลิตร แล้วจึงนำมาคำนวณ

การคำนวณ : Moisture, % by Wt = 100 VD/W

โดยที่ V = ปริมาตรของน้ำ (ในหน่วยมิลลิลิตร)

D = ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำ

W = น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาทดลอง (ในหน่วยกรัม)

- ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

อุปกรณ์ : ไฮโดรมิเตอร์ 0.940-1.000 กระบอกกลม 100 มล.

วิธีการ : ใส่ส่วนประกอบประมาณ 100 มล.ลงในกระบอกกลมจุ่มลงในวอเตอร์บาท ให้ความร้อนจนอุณหภูมิ 30.0 ± 0.2 °C ปล่อยให้ไฮโดรมิเตอร์ลงในสาร CNSL อย่างช้าๆรอจนระดับคงที่ อ่านค่าความถ่วงจำเพาะที่ได้

- ค่าความหนืด (Viscosity)

อุปกรณ์ : เครื่องวัดความหนืด(บลูคฟิลด์รุ่นอาร์วีที 100) เทอร์โมมิเตอร์ ปีกเกอร์แก้ว600 มล.

วิธีการ : โดยการใช้เครื่องวัดความหนืดบลูคฟิลด์ เพื่อวัดค่าความหนืด (ในหน่วยเซนติพอยด์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานของน้ำมัน CNSL (standard of cashew nut-shell liquid)

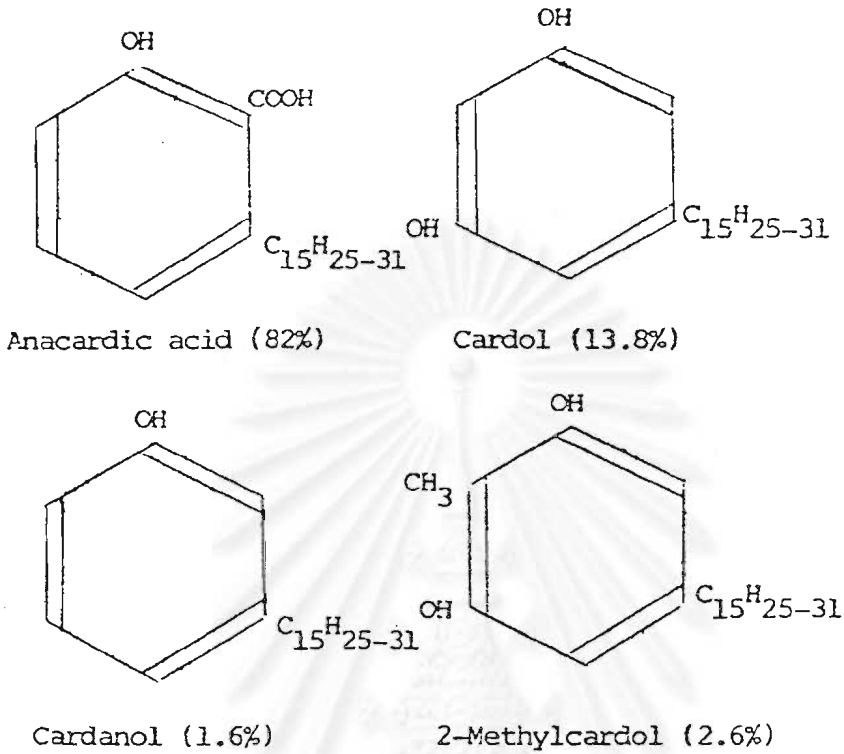
การวิเคราะห์	เกณฑ์การยอมรับ
Ash Content (% wt)	<3.0
Gel Time (second)	<3600
Iodine Value (mg)	>200
Loss Weight on heating (% wt)	<15.0
Matter insoluble in toluene (% wt)	<3.0
Moisture Content (% wt)	<3.0
Specific Gravity	0.900-1.300
Viscosity (cP)	<550

ตารางที่ 2.2 สมบัติของน้ำมันเปลือกมะม่วงหิมพานต์ (CNSL)

สมบัติ	ค่า
Refractive index ที่ 25° ซ.	1.52
Specific gravity, 25°/25° ซ.	0.9496
Iodine value , ก.ไอโอดีน/100 ก. น้ำมัน	283.73
Acid value , มก. KOH /ก. น้ำมัน	105.94
Viscosity ที่ 25° ซ. ,เซนติพอยส์	551.90
Loss on heating ที่ 205° ซ. , 30 นาที ร้อยละของน้ำหนัก	1.23
Non-volatile matter ที่ 105° ซ. , ร้อยละของน้ำหนัก	90.04

วิเคราะห์ตาม IS 840-1946 โดยห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์, ศูนย์ทดสอบและมาตรฐาน
วิทยา, วท

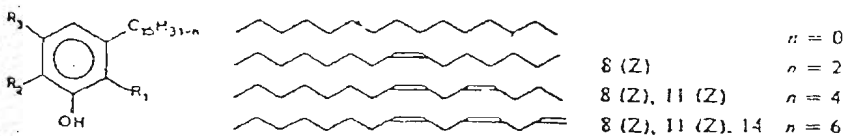
ในสภาพธรรมชาติ เปลือกมะม่วงหิมพานต์จะมี CNSL 15-30 % โดยน้ำหนัก CNSL และมีสารประกอบที่สำคัญในสัดส่วนดังนี้คือ



รูปที่ 2.1 แสดงสัดส่วนขององค์ประกอบที่มีอยู่ใน CNSL

ซึ่งแต่ละองค์ประกอบหลักจะมี 15 คาร์บอนไซด์เซน ซึ่งต่อกับเบนซินริงตำแหน่งเมตะ กับไฮดรอกซีกรุปดังนี้

anacardic acid	($R_1 = \text{COOH}$, $R_2 = R_3 = \text{H}$,	$n = 0, 2, 4, 6$)
cardol	($R_3 = \text{OH}$, $R_1 = R_2 = \text{H}$,	$n = 0, 2, 4, 6$)
cardanol	($R_1 = \text{OH}$, $R_2 = \text{CH}_3$, $R_3 = \text{H}$,	$n = 0, 2, 4, 6$)
2-Methyl Cardol	($R_3 = \text{OH}$, $R_2 = \text{CH}_3$, $R_1 = \text{H}$,	$n = 0, 2, 4, 6$)



จะเห็นได้ว่าในธรรมชาติแล้ว จะมีอะนาคาติคแอซิดเป็นสารประกอบหลัก และมีจำนวนมาก แต่อะนาคาติคแอซิดตัวนี้จะสลายตัว เมื่อได้รับอุณหภูมิสูง ดังนั้น CNSL ที่ได้ทางการค้า จะมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ 3 ตัวคือคาร์ดานอลซึ่งเป็นโมโนฟีนอล อะนาคาติคแอซิด คาร์ทอล ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของรีซอซินอล

น้ำมันเปลือกมะม่วงหิมพานต์(cashew nut-shell liquid) ประกอบด้วยสารจำพวกฟีนอลมากกว่าร้อยละ 90 โดยได้มาจากการบีบ หรือสกัดเปลือกของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งอาจมีความชื้นปนออกมาด้วย เนื่องจาก ฟีนอล และน้ำ สามารถทำปฏิกิริยากับไอโซไซยานาต ดังนั้นการทำพอลิยูรีเทนจากCNSL จึงมีความเป็นไปได้ซึ่งการใช้ประโยชน์CNSLในอุตสาหกรรมสีและวารนิช ขึ้นกับปฏิกิริยาที่สำคัญ 2 ประการคือ พอลิเมอร์ไรเซชันของ CNSL เองเมื่อร้อน และ คอนเดนเซชัน ของ CNSL กับ อัลดีไฮด์ อันเนื่องมาจากปริมาณของสารประกอบจำพวก ฟีนอลที่มีอยู่ใน CNSL (Ajamani 1952) วารนิชที่ได้มีสีน้ำตาลไหม้ เหนียวและแห้งเร็ว (Agarwal Undated) ซึ่งการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อเตรียมวารนิชพอลิยูรีเทนจากน้ำมันเปลือกมะม่วงหิมพานต์ได้ใช้โทลูอีนไดไอโซไซยานาตเป็นไอโซไซยานาตพอลิเมอร์และดำเนินการทดลอง โดยขึ้นกับอุณหภูมิของปฏิกิริยา

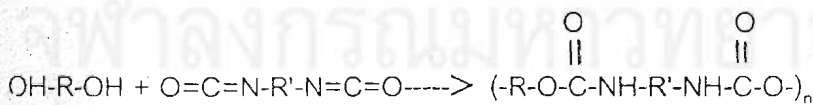
2.2 พอลิยูรีเทน

พอลิยูรีเทนเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งได้จากปฏิกิริยาของพอลิไอโซไซยานาตกับสารที่มีกลุ่มไฮดรอกซิลบางครั้งเรียกว่ายูรีเทนหรือไอโซไซยานาตพอลิเมอร์พอลิเมอร์นี้ประกอบด้วยกลุ่มยูรีเทนที่ซ้ำกันเป็นรีพีทิงยูนิต



กลุ่มยูรีเทน

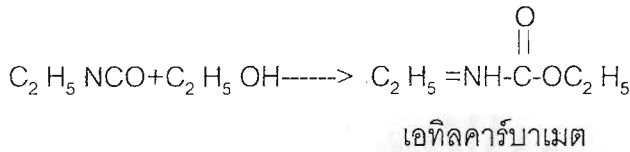
สูตรโครงสร้างทั่วไปของพอลิยูรีเทนจากปฏิกิริยาของสารประกอบไดไฮดรอกซีกับไดไอโซไซยานาต (Saunders and Frisch 1965) คือ



พอลิยูรีเทน

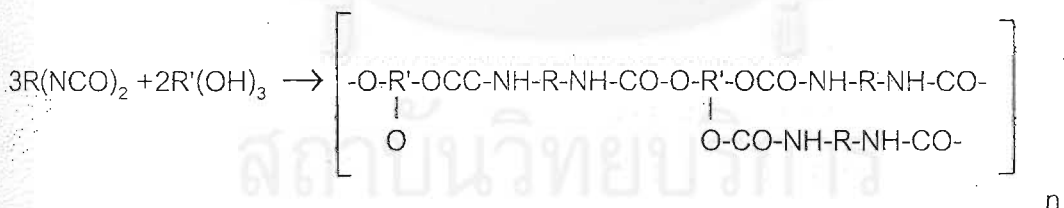
ข้อจำกัดของการใช้พอลิยูรีเทนเป็นวัสดุเคลือบผิว คือการมีระยะเวลาคงสภาพหลังผสมสั้น นอกจากนั้นสีของพอลิยูรีเทนค่อนข้างเหลือง และข้อสำคัญที่สุดคือพอลิยูรีเทนมักจะมีไอโซไซยานาตอิสระที่สามารถระเหยออกมาได้ซึ่งสารประกอบนี้เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

พอลิยูรีเทนเป็นที่รู้จักกันมากกว่า 100 ปีแล้วโดยในปี 1848 เวทส์ได้เตรียมเมทิลและเอทิลไอโซไซยาเนตจากปฏิกิริยาของโพแทสเซียมไซยาเนตกับอัลคิลไอโอไดร์และพบว่าเอทิลไอโซไซยาเนตสามารถทำปฏิกิริยากับอัลกอฮอล์ได้เอทิลคาร์บาเมตซึ่งต่อมาเรียกว่า ยูรีเทน (Martens 1968)



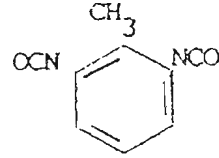
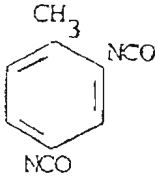
การนำยูรีเทนมาทำเป็นวัสดุเคลือบผิวเริ่มต้นในประเทศเยอรมนีตั้งแต่ปี 1937 เมื่อผู้เชี่ยวชาญออตโตและเบเยอร์และคณะได้พัฒนาพอลิเอสเทอร์-พอลิไอโซไซยาเนต (พอลิเมอร์เดสมอเฟนเดสมอเดอร์) เข้าสู่อุตสาหกรรมพอลิยูรีเทนเป็นวัสดุเคลือบผิวที่มีคุณสมบัติป้องกันการผุกร่อนได้ดี มีความยืดหยุ่นสูงจึงหักงอได้ทนต่อแรงขีดถูและทนสารเคมีได้ดี หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 พอลิยูรีเทนได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในสหรัฐอเมริกาโดยมีการขยายเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่หลายรูปแบบ

พอลิยูรีเทน เป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ได้เกิดจาก ยูรีเทนโมโนเมอร์แต่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างพอลิไอโซไซยาเนตเช่นโทลูอินไดไอโซไซยาเนต (TDI) 4-4'-ไดฟีนิลมีเทน ไดไอโซไซยาเนต (MDI) 1,6-เฮกซะเมทิลีน ไดไอโซไซยาเนต (HDI) ฯลฯ กับพอลิแอลกอฮอล์ (polyol) เช่นกลีเซอรอล (glycerol) กลีคอล (glycols) ไตรเมทิลโพรเพน (TMP) ฟีนอล (phenols) ฯลฯ การเกิดพอลิเมอร์ดังกล่าวแสดงได้จากปฏิกิริยาของไดไอโซไซยาเนต R(NCO)_2 และพอลิแอลกอฮอล์ที่เป็นทรีโอ R(OH)_3 คือ



พอลิเมอร์ที่ได้ประกอบด้วยกลุ่มยูรีเทน ซึ่งเชื่อมต่อกันแบบลูกโซ่และเชื่อมโยงแบบข้ามกัน โดยอาจมีส่วนที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาดังกล่าวอยู่ด้วยคือ หมู่ของไดไอโซไซยาเนต (-NCO) และไฮดรอกซิล (-OH) ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดและปริมาณของสารที่ใช้ทำปฏิกิริยารวมถึงสภาวะของปฏิกิริยาด้วย ปฏิกิริยาของไดไอโซไซยาเนต กับหมู่ไฮดรอกซิล นี้มีชื่อเรียกว่าพอลิแอดดิชันเนื่องจากการเพิ่มที่พันธะคู่ โดยไม่ได้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ยูรีเทนจึงเป็นคอนเดนเซชันพอลิเมอร์

ซึ่งในการเตรียมพอลิยูรีเทนนั้น วัตถุดิบที่ใช้เป็นไดไอโซไซยาเนตโมโนเมอร์นิยมใช้โทลูอิน ไดไอโซไซยาเนตมาตั้งแต่ปี 1962 ทางการค้าเป็นส่วนผสมของ 2,4- และ 2,6-ไอโซเมอร์ในอัตราส่วน 80:20 คือ



2,4-โทลูอิน ไดไอโซไซยาเนต 80 %

2,6-โทลูอิน ไดไอโซไซยาเนต 20%

และได้มีการพัฒนาสารประกอบ พอลิไอโซไซยาเนตขึ้นอีกหลายชนิดที่นิยมใช้คือเดสมอเดอร์ ดังตารางที่ 2.3 ขณะเดียวกันพอลิออล ก็มีการพัฒนาด้วยโดยนิยมใช้พอลิเอสเทอร์ และพอลิอีเทอร์ ที่ปลายโมเลกุลมีหมู่-OH อยู่ 2 ข้างเช่นพอลิโพรเพน กลีคอล เดสมอเฟนดังตารางที่ 2.4 ดังนั้นจึงมีการผลิตพอลิยูรีเทนได้หลายชนิดและมีการปรับปรุงคุณสมบัติให้เหมาะสมแก่การใช้งานต่างๆ ได้อีกมากมาย

ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบของไอโซไซยาเนต "Desmodurs"

ชื่อการค้า	องค์ประกอบทางเคมี
Desmodur C	1-Chlorophenyl-2,4-diisocyanate
Desmodur H	1,6-Hexamethylene diisocyanate
Desmodur HH	Adduct of 3 moles of Desmodur H and of hexanetriol
Desmodur T	Mixture of 60-70 % 2,4 TDI and 30-40% 2,6-TDI
Desmodur TH	Reaction product off 5 moles with 1 mole of trimethylolpropane and 1 mole of butanediol
Desmodur M	4,4' -Diphenylmethane diisocyanate
Desmodur R	4,4' , 4'' -Triphenylmethane triisocyanate

ที่มา : Saunders and Frisch 1965

ตารางที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบของพอลิเอสเตอร์ "Desmophens"

ชื่อการค้า	Dibasic acid	Moles	Polyol
Desmophen 300	Phthalic anhydride	3	Trimethylolpropane or glycerine
Desmophen 800	Phthalic anhydride	0.5	Trimethylolpropane
	Adipic acid	2.5	or glycerine
Desmophen 1100	Adipic acid	3	1,4-Butylene glycol Hexanetriol
Desmophen 1200	Adipic acid	3	1,3-Butylene glycol Trimethylolpropane
Desmophen 2100	Adipic acid		Diol

ที่มา : Saunders and Frisch 1965.

2.2.1 ชนิดของพอลิยูรีเทนสำหรับเคลือบผิววัสดุ

การเคลือบผิวที่เป็นระบบยูรีเทนพิจารณาจากปริมาณของพอลิไอโซไซยาเนตโมโนเมอร์จำนวนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ในสิ่งนำสีส่วนไม่ระเหยซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยาแล้วจะได้พอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยโครงข่ายของยูรีเทนและหมู่ของไอโซไซยาเนตหรือพอลิไอโซไซยาเนตโมโนเมอร์ ทั้งนี้หมู่ของไอโซไซยาเนตอาจเป็นหมู่อิสระซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาต่อไปได้อีก หรืออาจไม่ใช่หมู่อิสระก็ได้ ดังนั้นจึงสามารถผลิตพอลิยูรีเทนได้หลายชนิดและมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ทำให้ต้องมีการจำแนกชนิดของยูรีเทนขึ้น

ในปี 1959 คณะกรรมการของ ASTM D-1 หน่วยที่ 9 หน่วย 12 ได้มีการประชุมเพื่อหาข้อตกลงในการจำแนกชนิดของยูรีเทน และได้ผลสรุปในปีต่อมา ดังตารางที่ 2.5 ได้แบ่งยูรีเทนออกเป็น 2 ประเภทโดยมี 5 ชนิด ดังนี้

ประเภทที่ 1. ส่วนผสมเดี่ยวแบ่งเป็น 3 ชนิดคือ

ชนิดที่ 1 ออยโมดิฟายยูรีเทนได้มาจากปฏิกิริยาของพอลิไอโซไซยาเนตและกลีเซอไรต์ในน้ำมันพืช ไม่มีหมู่ -NCO อิสระเหลืออยู่ และแห้งได้โดยผสมสารเร่งแห้ง

ชนิดที่ 2 มอยเจอร์เคอร์ยูรีเทนได้มาจากปฏิกิริยาระหว่างไอโซไซยาเนตกับพอลิออลที่เกิดเป็นอินเตอร์มีดิเอตพอลิเมอร์ ที่มีโมเลกุลขนาดกลางซึ่งเรียกว่าพรี

พอลิเมอร์ก่อนพรีพอลิเมอร์ นี้มีหมู่ $-OH$ หรือ $-NCO$ ที่สามารถทำปฏิกิริยาต่อไปได้เหลืออยู่ จึงเกิดการเชื่อมโยงโมเลกุลให้ใหญ่ขึ้นได้ ทั้งนี้โดยการทำปฏิกิริยากับน้ำที่อยู่ในสภาพของความชื้นในอากาศ

ชนิดที่ 3 บล็อกยูรีเทนหรืออีเทอร์ยูรีเทน เกิดปฏิกิริยาได้พรีพอลิเมอร์ก่อน โดยมีหมู่ $-NCO$ ที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาเหลืออยู่ แต่สามารถลดความว่องไวลงได้ โดยให้ทำปฏิกิริยากับบล็อกคิงเอเจนเช่น ฟีนอล ซึ่งจะได้สารประกอบที่เสถียรที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นทำให้ว่องไวจนเกิดปฏิกิริยาขึ้นได้อีกโดยการให้ความร้อนที่ $150 - 200^{\circ} C$ ซึ่งจะสามารถทำปฏิกิริยากับพอลิออลต่อไปและได้โมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

ประเภทที่ 2. ส่วนผสมคู่แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

ชนิดที่ 4 พรีพอลิเมอร์อะตอลิซยูรีเทน ประกอบด้วย 2 ส่วนผสมโดยแยกภาชนะบรรจุ ส่วนผสมที่หนึ่งเป็นพรีพอลิเมอร์ ซึ่งมีหมู่ $-NCO$ ที่สามารถทำปฏิกิริยาต่อไปได้เมื่อมีอะตอลิซเพียงเล็กน้อย หรือมีสารกระตุ้นหรือสารเชื่อมโยงโมเลกุล ซึ่งได้แก่ พอลิออลหรือ พอลิแอมมีน ทั้งนี้โดยแยกบรรจุไว้ในอีกภาชนะหนึ่งเป็นส่วนผสมที่สอง เมื่อจะใช้งานต้องนำส่วนผสมทั้งสองมาผสมกัน โดยใช้ส่วนผสมที่สองในปริมาณเล็กน้อย ข้อจำกัดของยูรีเทนชนิดนี้ คือมีระยะเวลาคงสภาพหลังผสมสั้น

ชนิดที่ 5 พอลิไอโซไซยาเนตพอลิออลยูรีเทน ประกอบด้วยสองส่วนผสมโดยแยกภาชนะบรรจุ ส่วนผสมที่หนึ่งเป็นพรีพอลิเมอร์ หรือ พอลิไอโซไซยาเนต ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาต่อไปได้กับเรซินที่มีหมู่ $-H$ ที่ว่องไวโดยมีหรือไม่มีแคทาลิสต์ร่วมด้วย ทั้งนี้แยกบรรจุเรซินไว้ในอีกภาชนะหนึ่งเป็นส่วนผสมที่สอง เมื่อจะใช้งานต้องนำส่วนผสมทั้งสองมาผสมกัน และมีข้อจำกัดคือระยะเวลาคงสภาพหลังผสมสั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.5 แสดงชนิดของยูรีเทนสำหรับเคลือบผิววัสดุ

ชนิด	สาเหตุของการแห้ง	NCOอิสระ	ระยะเวลาคงสภาพหลังผสม
ประเภทที่ 1. One component หรือ One-package			
1. Oil-modified	อากาศ	ไม่มี	ไม่จำกัด
2. Moisture cured	ความชื้น	มี	อยู่ได้นาน
3. Blocked	ความร้อน	ไม่มี	ไม่จำกัด
ประเภทที่ 2. Two component หรือ Two-package			
4. Prepolymer-catalyst	Amine ปฏิกริยา	มี	จำกัด
5. Polyisocyanate-polyol	NCO/OH	มี	จำกัด

2.2.2 การสลายตัวด้วยความร้อนของยูรีเทน

คุณสมบัติเสถียรต่อความร้อนของยูรีเทนขึ้นกับโครงสร้างยูรีเทนเอง โดยยูรีเทนซึ่งเกิดจากเทอซีมีร์มักสลายตัวที่อุณหภูมิต่ำเพียง 50°C ในขณะที่ยูรีเทนซึ่งเกิดจาก ไพรมารีและเซเคิลดาร์ อัลกอฮอล์อาจสลายตัวอย่างช้าๆที่ $150-200^{\circ}\text{C}$ นอกจากนั้นสภาวะแวดล้อมเช่น สารทำปฏิกิริยาตัวอื่น แคทตะลิส ฯลฯ มีส่วนต่อความเสถียรของยูรีเทนด้วย การสลายตัวของยูรีเทนมีรูปแบบดังนี้

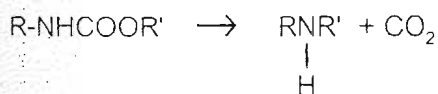
- การสลายตัวเป็นไอโซไซยานตและอัลกอฮอล์



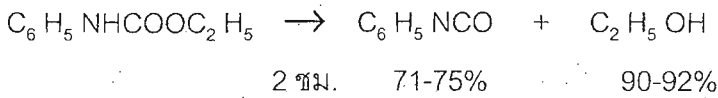
- การสร้างไพรมารีเอมายและโอรีฟิน



- การสร้างเซคอนดารีเอมีน



สำหรับยูรีเทนซึ่งได้จากพีนอลการสลายตัวอาจเกิดจากที่อุณหภูมิ 200°ซ ดังต่อไปนี้



เมื่อพิจารณา CNSL ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิกที่มีอะนาคาร์ดิกแอซิดเป็นส่วนใหญ่คือมากกว่าร้อยละ 82 จึงน่าจะเกิดการควบแน่นกับฟอร์มัลดีไฮด์ให้ฟีนอลิกรีซินได้โครงสร้างของอะนาคาร์ดิกแอซิด พบว่าสามารถควบแน่นกับฟอร์มัลดีไฮด์ได้เพียง 2 ตำแหน่งเท่านั้นซึ่งได้แก่ตำแหน่งออโทและพารากับกลุ่มไฮดรอกซิล

ดังนั้นจึงเกิดเชื่อมโยงเป็นพอลิเมอร์สายสั้นๆได้ แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงแบบเน็ตเวิร์คได้ ในทำนองเดียวกันกับสารประกอบฟีนอลิกตัวอื่นที่อยู่ใน CNSL ซึ่งถ้าต้องการให้เกิดโครงสร้างแบบเน็ตเวิร์คจะต้องมีการใช้ตัวเชื่อมโยงเข้ามาช่วย ซึ่งควรเป็นสารประกอบจำพวกแอมมีนเช่นเดียวกับ ไดเอททะเลนไตรแอมมีน(DTA) หรืออาจใช้แอมโมเนียก็ได้

CNSL นั้นนำมาผลิตเป็นวารนิชโดยควบแน่นกับฟอร์มัลดีไฮน 40% จะมีน้ำเกิดขึ้นด้วย ทั้งนี้เพราะส่วนผสมของฟอร์มัลดีไฮน 40% มีน้ำอยู่แล้วและในระหว่างเกิดปฏิกิริยาจะมีน้ำเกิดขึ้นด้วย ดังนั้นจึงต้องไล่น้ำออกไปวารนิชที่ได้จึงจะแห้งเร็ว

2.2.3 สมบัติบางประการทางเคมีของไอโซไซยานเนต

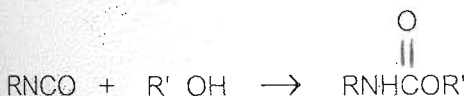
ไอโซไซยานเนตนั้นมีกลุ่ม $-\text{N}=\text{C}=\text{O}$ ที่ไม่อิ่มตัว จึงมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับสารประกอบต่างๆแม้กระทั่งตัวเองตัวอย่างของปฏิกิริยาได้แก่ปฏิกิริยากับสารประกอบที่มีหมู่-OH เช่น

-อัลกอฮอล์

สารประกอบของอัลกอฮอล์ สามารถทำปฏิกิริยากับไอโซไซยานเนต ได้ดีกว่าสารประกอบชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องมาจากสเตอริคอินแดนซ์อัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นดังนี้

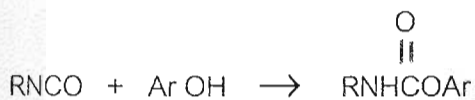
ไพรมารีอัลกอฮอล์ > เซคอนดารีอัลกอฮอล์ > เทอเชียรีอัลกอฮอล์

ปฏิกิริยาทั่วไปของอัลกอฮอล์กับไอโซไซยานเนตคือ



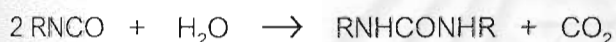
-ฟีนอล

เนื่องจากฟีนอลมีความเป็นกรดมากกว่าอะลคิฟาคิดอัลกอฮอล์ จึงทำปฏิกิริยากับไอโซไซยาเนตช้ากว่าอัลกอฮอล์ปฏิกิริยาส่วนใหญ่ของไอโซไซยาเนตกับฟีนอลซึ่งเกิดได้ช้าที่อุณหภูมิ 50-75°C นั้นสามารถเร่งให้เร็วขึ้นได้โดยใช้แคททาลิสเช่นเทอเชียรีแอมมีน หรืออะลูมิเนียมคลอไรด์ปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังนี้



-น้ำ

น้ำปริมาณเล็กน้อยสามารถทำปฏิกิริยากับไอโซไซยาเนตให้คาร์บอนไดออกไซด์ได้อาจเร่งปฏิกิริยาโดยใช้แคททาลิสเช่น เทอเชียรีแอมมีนหรือเบสต่างๆ และสารประกอบของโลหะบางชนิด



-คาร์บอนไดออกไซด์

โดยทั่วไปแล้วคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดปฏิกิริยากับไอโซไซยาเนตได้น้อยเมื่อเทียบกับอัลกอฮอล์และน้ำ อาจเร่งปฏิกิริยาโดยใช้ แคททาลิส เช่น เทอเชียรีแอมมีนหรือเบสต่างๆ และสารประกอบของโลหะหลายชนิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

- 3.1.1 ขวดแก้ว 3 คอ ก้นแบน จุ 500 ลบ.ซม. ขนาดคอ 29/32
- 3.1.2 เครื่องควบแน่น ขนาดคอ 29/32 ใช้น้ำที่อุณหภูมิห้องหล่อเย็น
- 3.1.3 เทอร์โมมิเตอร์ สำหรับวัดอุณหภูมิ 50–200^oซ
- 3.1.4 เครื่องกวนพร้อมให้ความร้อนในตัว
- 3.1.5 น้ำมันเปลือกมะม่วงหิมพานต์
โดย คุณบุญชัย ตระกูลมหชัย จากบริษัท 25 อินดัสเทรียโปรดัก
- 3.1.6 กลีเซอริน ระดับที่ใช้ในอุตสาหกรรม
ผลิตโดย เมย์และเบเกอร์จำกัด ประเทศอังกฤษ
- 3.1.7 โทลูอินไดไอโซไซยานต ระดับที่ใช้ในอุตสาหกรรม
จากบริษัท สยามเคมีคอลอินดัสตรี จำกัด
- 3.1.8 โทลูอินระดับที่ใช้ในอุตสาหกรรม
จากบริษัท เอสโซ่เคมีประเทศไทย จำกัด
- 3.1.9 สารเร่งแห้ง
จากบริษัท ผลิตภัณฑ์ สีอีसान จำกัด
- 3.1.10 คลูลิงบาท
- 3.1.11 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 3.1.12 กระบอกตวง
- 3.1.13 ตู้ดูดควัน

ตารางที่ 3.1 สมบัติของน้ำมันเปลือกมะม่วงหิมพานต์ (CNSL)

สมบัติ	ค่า
Refractive index ที่ 25 ⁰ ซ	1.52
Specific gravity, 25/25 ⁰ ซ	0.9496
Iodine value , ก.ไอโอดีน/100 ก. น้ำมัน	283.73
Acid value , มก. KOH /ก. น้ำมัน	105.94
Viscosity ที่ 25 ⁰ ซ. ,centipoises	551.90
Loss on heating ที่ 205 ⁰ ซ , 30 นาที ร้อยละของน้ำหนัก	1.23
Non-volatile matter ที่ 105 ⁰ ซ. , ร้อยละของน้ำหนัก	90.04

วิเคราะห์ตาม IS 840-1946 โดยห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์, ศูนย์ทดสอบและมาตรฐานวิทยา, วท

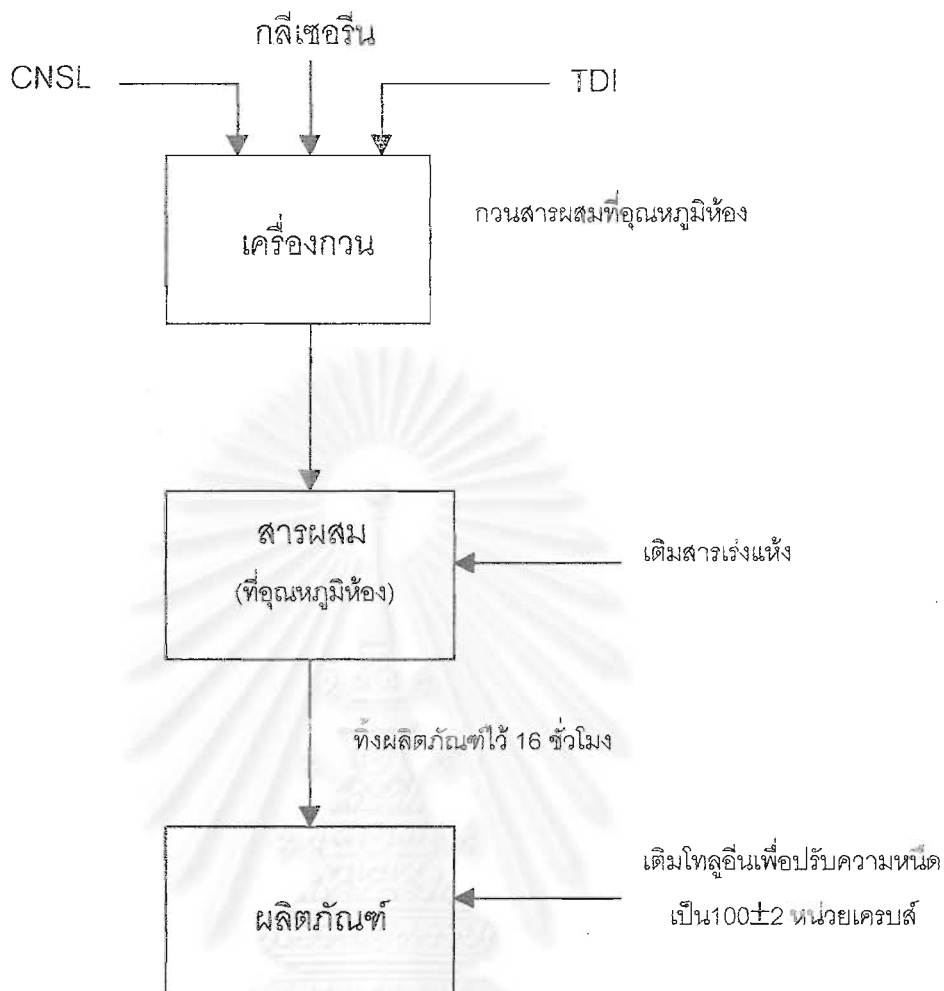
ตารางที่ 3.2 สมบัติของโพลูอินไดไฮโดรไซยานเนต (TDI).

สมบัติ	ค่า
น้ำหนักโมเลกุล	174.2
ค่าความถ่วงจำเพาะ 25 ⁰ /25 ⁰ ซ	1.22
จุดเดือด 10 มิลลิเมตรปรอท. , F	248
ความหนาแน่นที่ 20 ⁰ ซ ,Lbs./Gal	10.2
จุดวาบไฟ , °F, (COC)	270
ความดันไอที่ 20 ⁰ ซ ,มิลลิเมตรปรอท	0.01
จุดเยือกแข็ง, °F	53.6

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม
ขั้นตอนการเตรียมวาร์นิชโดยใช้ส่วนผสม C:G:TDI เป็น 3:1:1
ทำได้ดังต่อไปนี้

- (1) เติม CNSL ปริมาตร 100 กรัม ลงในขวดแก้วก้นแบน
- (2) เติมกลีเซอริน ปริมาตร 33.3 กรัม ลงในขวดแก้วก้นแบน
- (3) เติมโทลูอีนไดไอโซไซยาเนต ปริมาตร 33.3 กรัม
- (4) ติดตั้งเครื่องควมแน่นต่อเข้ากับข้อต่อส่วนกลางของขวดแก้วก้นแบน
- (5) ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ต่อเข้ากับข้อต่อส่วนขวาของขวดแก้วก้นแบน
- (6) นำชุดทดลองในข้อ (1) ถึง (5) วางลงบนสเตอริไรเซอร์ จากนั้นกวนส่วนผสมที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่ให้ความร้อนจากแหล่งอื่นเป็นเวลา 20 นาที
- (7) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้อ (6) มาเติมสารเร่งแห้งซึ่งประกอบด้วย สารละลาย 10 % โคบอลต์แนฟทีเนต สารละลาย 10 % แมงกานีสแนฟทีเนต และสารละลาย 30 % เลดแนฟทีเนต ในปริมาณดังนี้ 0.075% Co, 0.200% Mn และ 0.750% Pb
- (8) ทิ้งผลิตภัณฑ์ไว้ 16 ชั่วโมง จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาลไหม้เหนียว ซึ่งเรียกว่า วาร์นิชพอลิยูรีเทน
- (9) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาปรับความหนืดเป็น 100 ± 2 หน่วยคราบส์โดยใช้โทลูอีน
- (10) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบระยะเวลาการแห้ง
- (11) ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ (1) ถึง (10) โดยเปลี่ยนระยะเวลาการกวนในข้อ (6) เป็น 40, 60, 80, 120 และ 150 นาที
- (12) ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ (1) ถึง (10) โดยเปลี่ยนสัดส่วนของส่วนผสม C:G:TDI เป็น 3:0.75:1, 3:0.50:1 และ 3:0.25:1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมสารนิซพอลิยูรีเทนโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่สารผสมตามวิธีการทดลองข้อ 3.2.1

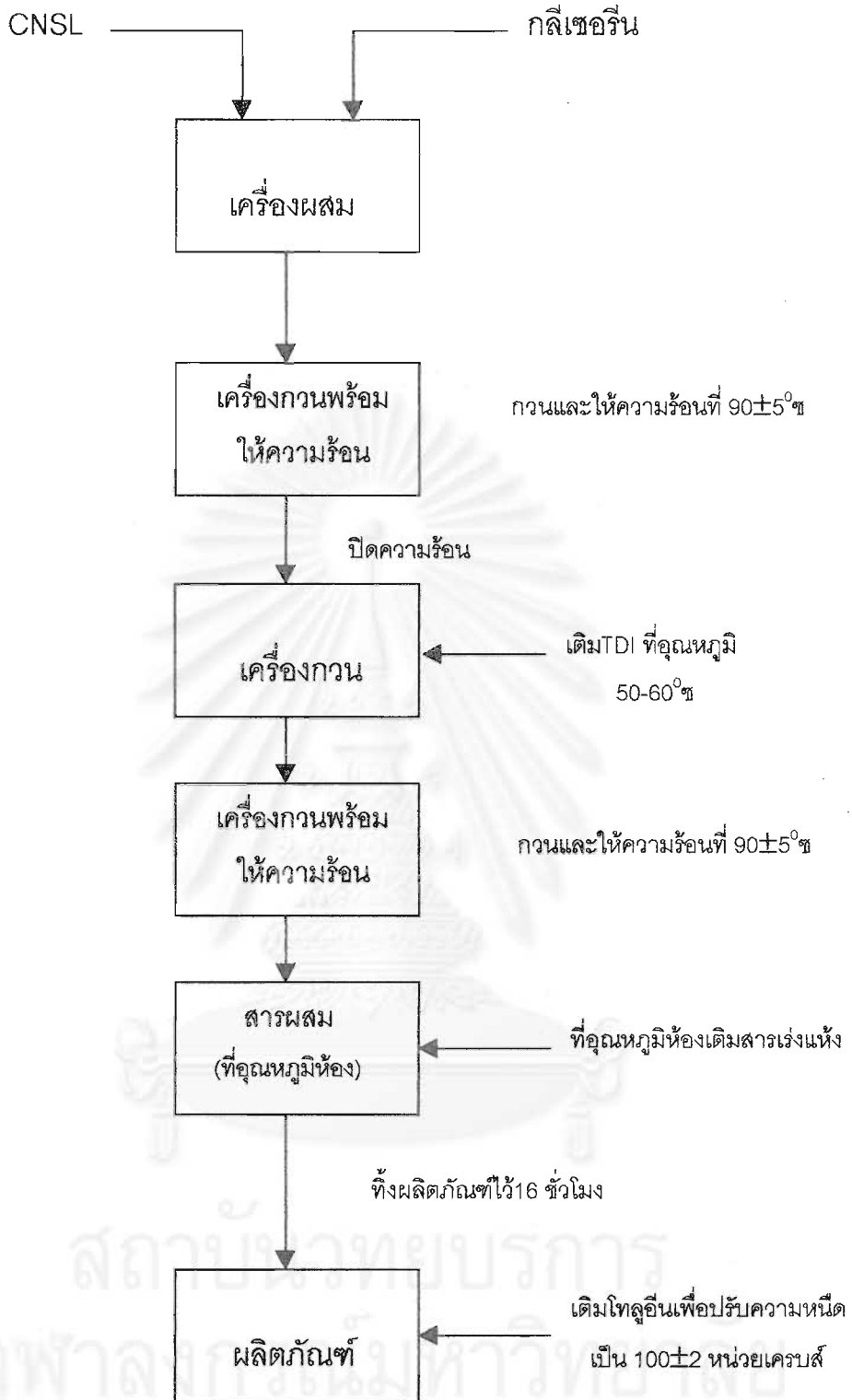
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 การเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสม

ขั้นตอนการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้ส่วนผสม C:G:TDI เป็น 100 กรัม : 20 กรัม : 25 กรัม หรือเรียกแทนวาร์นิช

$C_{100}G_{20}TDI_{25}$ สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

- (1) เติม CNSL ปริมาตร 100 กรัม ลงในขวดแก้วกันแบน
- (2) เติมกลีเซอริน ปริมาตร 20 กรัม ลงในขวดแก้วกันแบน
- (3) ติดตั้งเครื่องควมแน่นต่อเข้ากับข้อต่อส่วนกลางของขวดแก้วกันแบน
- (4) ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ต่อเข้ากับข้อต่อส่วนขวาของขวดแก้วกันแบน
- (5) นำชุดทดลองในข้อ (1) ถึง (4) วางลงบนสเตอริไรเซอร์ ให้ความร้อนพร้อมกับการกวนโดยใช้อุณหภูมิ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที
- (6) ปิดเครื่องทำความร้อน แต่ยังคงกวนต่อไปจนส่วนผสมมีอุณหภูมิลดลงเป็น $50-60^{\circ}\text{C}$
- (7) เติมโทลูอีนไดไอโซไซยาเนต ปริมาตร 25 กรัม
- (8) กวนส่วนผสมและให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่อุณหภูมิ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที
- (9) หยุดให้ความร้อนแก่ส่วนผสม แล้วจึงนำผลิตภัณฑ์ออกจากขวดแก้วกันแบน
- (10) ปล่อยให้ผลิตภัณฑ์เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง
- (11) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาเติมสารเร่งแห้ง
- (12) ทิ้งผลิตภัณฑ์ไว้ 16 ชั่วโมง จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาลไหม้เหนียว ซึ่งเรียกว่าวาร์นิชพอลิยูรีเทน
- (13) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาปรับความหนืดเป็น 100 ± 2 หน่วยคราบส์โดยใช้โทลูอีน
- (14) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบระยะเวลาการแห้ง
- (15) ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ (1) ถึง (14) โดยเปลี่ยนความร้อนที่ให้แก่ CNSL และกลีเซอริน เป็น $120 \pm 5^{\circ}\text{C}$ และ $150 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- (16) ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ (1) ถึง (14) โดยเปลี่ยนเวลาที่ให้ความร้อนพร้อมกับการกวนส่วนผสมเป็น 60 นาที, 90 นาที และ 120 นาที
- (17) ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ (1) ถึง (14) โดยเปลี่ยนเวลาที่ให้ความร้อนหลังจากการเติมโทลูอีนไดไอโซไซยาเนต เป็น 60 นาที, 90 นาที และ 120 นาที
- (18) ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ (1) ถึง (14) โดยเปลี่ยนสัดส่วนของส่วนผสมของ C:G:TDI เป็น 100:25:25, 100:30:25, 100:20:30, 100:25:30, 100:30:30



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมวารินซพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนแก่สารผสมตามวิธีการทดลองข้อ 3.2.2 ซึ่งเป็นตัวอย่างการกวนสารผสม CNSL และกลีเซอรินที่ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลาต่างๆ แล้วเติม TDI กวนและให้ความร้อนต่อที่ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

3.2.3 การหาปริมาณสารเร่งแห้งที่ทำให้วารินิชแห้งเร็วที่สุด

เป็นการทดลองเพื่อหาปริมาณส่วนประกอบที่มีอยู่ในสารเร่งแห้งที่มีประสิทธิภาพ สามารถทำให้วารินิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้ แห้งเร็วที่สุด ทดลองกับวารินิชรหัส C:G:TDI เป็น 100:20:25 ซึ่งเตรียมโดยการให้ความร้อนกับ CNSL 100 กรัม และกลีเซอริน 20 กรัม ก่อนที่ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 60 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ แล้วจึงเติมโพลูอินไดไฮโซไซยานต 25 กรัม และให้ความร้อนต่อไปอีก 60 นาที ที่ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ จึงหยุดให้ความร้อนแล้วนำผลิตภัณฑ์ออกจากภาชนะ ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง นำผลิตภัณฑ์มาเติมสารเร่งแห้งจากการทดลองตามวิธีการของข้อ 3.2.2 โดยเติมสารเร่งแห้งในปริมาณแตกต่างกัน

3.2.4 การทดสอบระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) และ ระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวารินิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมและใช้สัดส่วนของสารเร่งแห้งที่ได้จากการทดลองข้อ 3.2.3

สำหรับชุดการทดลองนี้ทำการศึกษาการเตรียมวารินิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่อุณหภูมิแตกต่างกัน เริ่มจากเตรียมวารินิชพอลิยูรีเทนโดยใช้รหัส $C_{100}G_{20}TDI_{25}$ ตามวิธีการในข้อ 3.2.2 ซึ่งทั้ง 3 วิธีการจะให้ความร้อนกับ CNSL และกลีเซอรินที่ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 60 นาที ปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติมโพลูอินไดไฮโซไซยานต แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 60 นาที ที่ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ในขั้นตอนการเติมสารเร่งแห้งจะใช้สัดส่วนของ Co : Mn : Pb คือ 0.050 % Co, 0.300% Mn, และ 0.750% Pb ที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.2.3 ซึ่งเป็นปริมาณสัดส่วนของสารเร่งแห้งที่ทำให้วารินิชพอลิยูรีเทนแห้งเร็วที่สุดทดสอบหาระยะเวลาการแห้งที่ผิว(ชั่วโมง) และระยะเวลาการแห้งแข็ง(วัน)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

เนื้อหาในบทนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก

ในส่วนแรกเป็นการทดลองเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนจากน้ำมันเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยใช้โทลูอีนไดไอโซไซยาเนตเป็นไอโซเมอร์และดำเนินการทดลองเป็น 2 วิธี คือวิธีแรกจะเป็นการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมและวิธีที่สองคือการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีการให้ความร้อนแก่ส่วนผสมเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์(CNSL)ที่ใช้ในการทดลองได้จากบริษัท 25 โปรดักส์ โดยความอนุเคราะห์จาก คุณบุญชัย ตระกูลมหชัย ในส่วนที่ 2 เป็นส่วนของการหาปริมาณของสารเร่งแห้งที่ทำให้วาร์นิชพอลิยูรีเทนแห้งเร็วที่สุด โดยการหาสัดส่วนของ Co:Mn:Pb ในปริมาณที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดที่สามารถทำให้วาร์นิชพอลิยูรีเทนแห้งได้เร็วที่สุด ในส่วนที่ 3 เป็นส่วนของการทดสอบระยะเวลาการแห้งของวาร์นิชที่เตรียมโดยให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้สัดส่วนของ Co:Mn:Pb ที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 2 เพื่อทดสอบระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาท) และระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง)

4.1 การเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทน

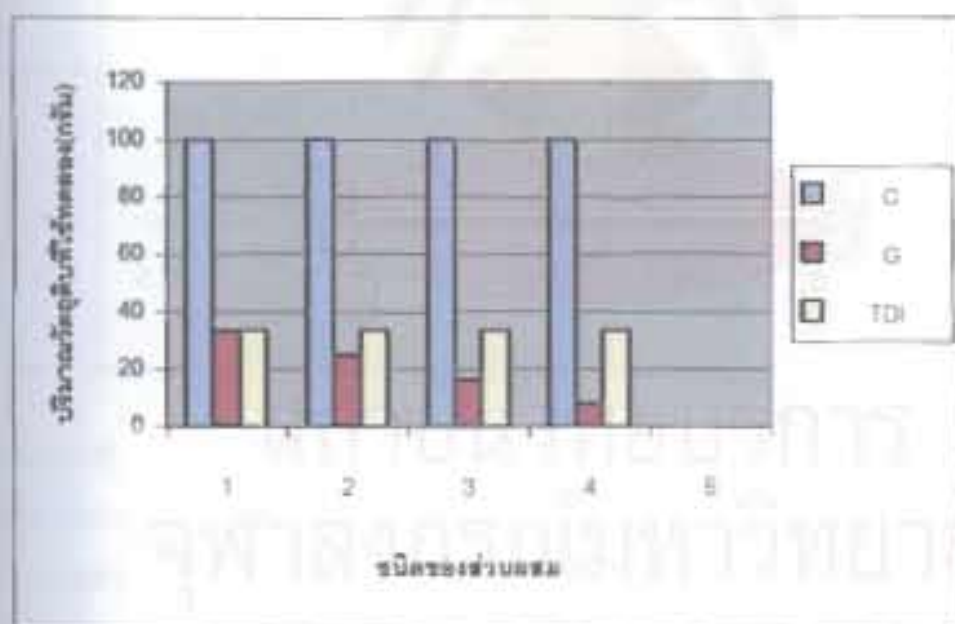
4.1.1 การเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม

สำหรับชุดการทดลองนี้ได้ทำการศึกษา การเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยการเติมโทลูอีนไดไอโซไซยาเนต ซึ่งจะมีผลทำให้อุณหภูมิของส่วนผสมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในเวลาประมาณ 5 นาที หลังจากนั้นอุณหภูมิจะลดลงมาเรื่อยๆ แล้วจึงนำผลิตภัณฑ์มาเติมสารเร่งแห้งซึ่งประกอบด้วยสารละลาย 10% โคบอลต์แนฟทีเนต สารละลาย 10% แมงกานีสแนฟทีเนต และสารละลาย 30% เลดแนฟทีเนต ในปริมาณดังนี้ 0.075% Co, 0.200% Mn และ 0.750% Pb แล้วทิ้งผลิตภัณฑ์ไว้ 16 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือวาร์นิชพอลิยูรีเทน มีสีน้ำตาลไหม้ นำมาปรับความหนืดเป็น 100 ± 2 หน่วยคราบส์โดยใช้ โทลูอีน แล้วจึงนำมาทดสอบระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาท) และการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) โดยใช้สัดส่วนของส่วนผสม C:G:TDI เป็น 3:1:1, 3:0.75:1, 3:0.5:1, 3:0.25:1 โดยทำการทดลองทั้งหมด 6 การทดลองโดยเปลี่ยนเวลาการกวนเป็น 20,40,60,80,120 และ 150 นาที ซึ่งผลการทดลองที่ได้คือ

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราส่วนของวัสดุหินและปริมาณวัสดุหินที่ใช้ทดสอบ (กรัม) ของส่วนผสมชนิดต่างๆ

ชนิดของส่วนผสม	ส่วนผสมของวัสดุหิน			ปริมาณวัสดุหินที่ใช้ทดสอบ (กรัม)		
	C	G	TDI	C	G	TDI
1	3	1	1	100	33.3	33.3
2	3	0.75	1	100	25	33.3
3	3	0.5	1	100	16.6	33.3
4	3	0.25	1	100	8.3	33.3

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 เมื่อนำไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับปริมาณวัสดุหินที่ใช้ทดสอบ(กรัม) จะสามารถเปรียบเทียบอัตราส่วนของ C:G:TDI ได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสม กับ ปริมาณวัสดุหินที่ใช้ทดสอบ(กรัม)

จึงกำหนดให้

1. แสดงถึงอัตราส่วนของวัตถุดิบ C:G:TDI = 3:1:1
2. แสดงถึงอัตราส่วนของวัตถุดิบ C:G:TDI = 3:0.75 :1
3. แสดงถึงอัตราส่วนของวัตถุดิบ C:G:TDI = 3:0.50 :1
4. แสดงถึงอัตราส่วนของวัตถุดิบ C:G:TDI = 3:0.25 :1

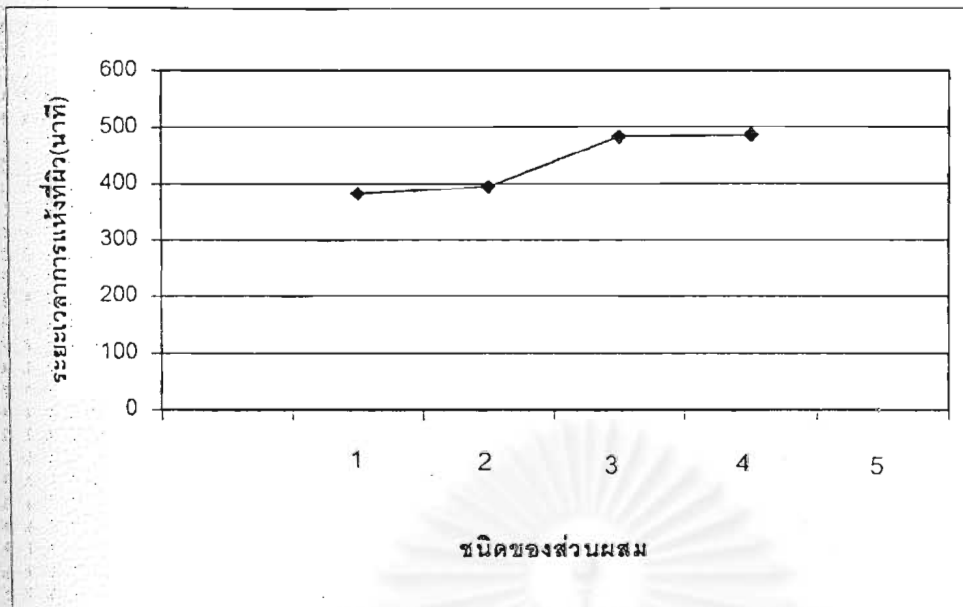
ตลอดการทดลองที่ 4.1.1

ต่อจากนั้นจึงนำส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด มาทำการทดลองตามข้อ 4.1.1 โดยเปลี่ยนเวลาในการกวนส่วนผสมที่อุณหภูมิห้องเป็น 20, 40, 60, 80, 120 และ 150 นาที ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

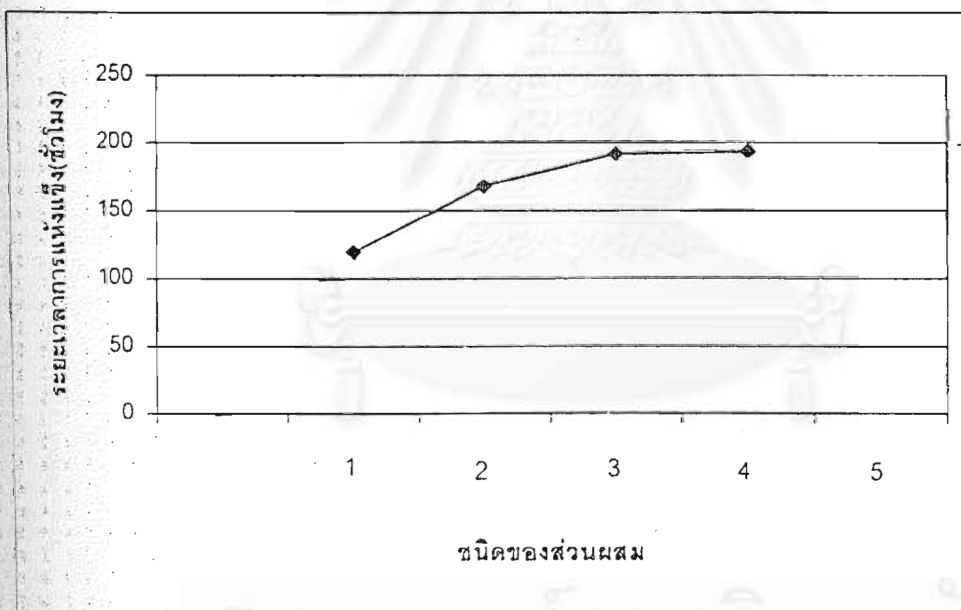
ตารางที่ 4.2 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้โดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม และใช้เวลาในการกวน 20 นาที

ส่วนผสมของวัตถุดิบ			ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (กรัม)			ระยะเวลาการแห้ง	
C	G	TDI	C	G	TDI	แห้งที่ผิว (นาที)	แห้งแข็ง (ชั่วโมง)
3	1	1	100	33.3	33.3	382	120
3	0.75	1	100	25	33.3	394	168
3	0.5	1	100	16.6	33.3	483	192
3	0.25	1	100	8.3	33.3	486	194

จากตารางที่ 4.2 สามารถนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) และ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการกวน 20 นาที



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) ของวารินขพอลิยูรีเทน ที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการกวน 20 นาที

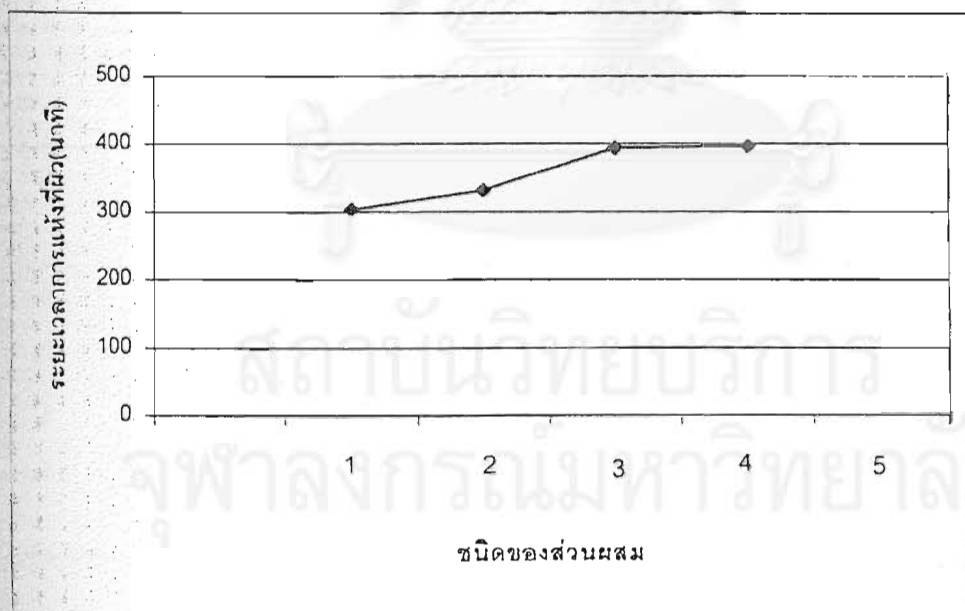


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวารินขพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการกวน 20 นาที

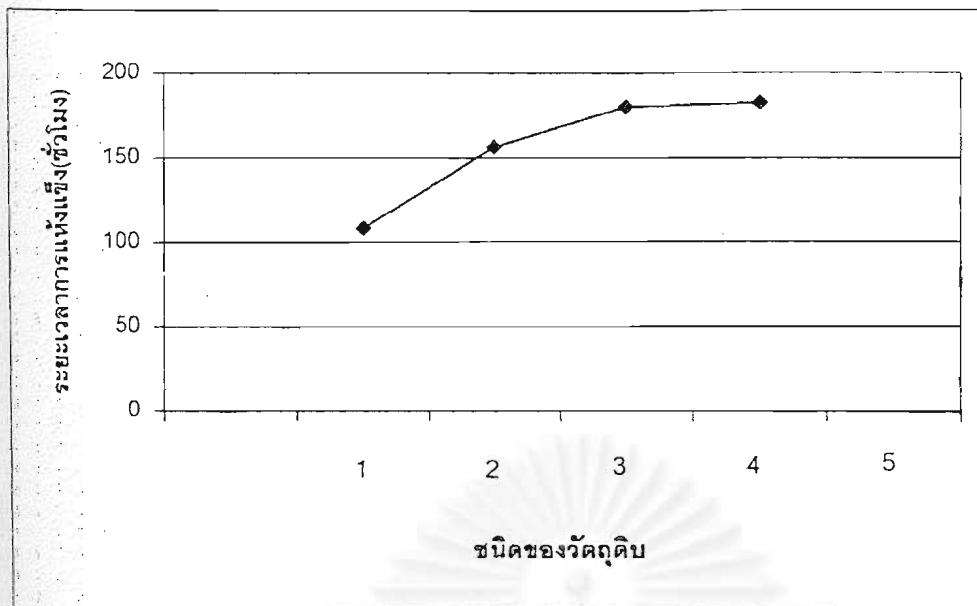
ตารางที่ 4.3 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้โดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม และใช้เวลาในการทวน 40 นาที

ส่วนผสมของวัตถุดิบ			ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (กรัม)			ระยะเวลาการแห้ง	
C	G	TDI	C	G	TDI	แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
3	1	1	100	33.3	33.3	304	108
3	0.75	1	100	25	33.3	332	156
3	0.5	1	100	16.6	33.3	394	180
3	0.25	1	100	8.3	33.3	396	182

จากตารางที่ 4.3 สามารถนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) และ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการทวน 40 นาที



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) ของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการทวน 40 นาที

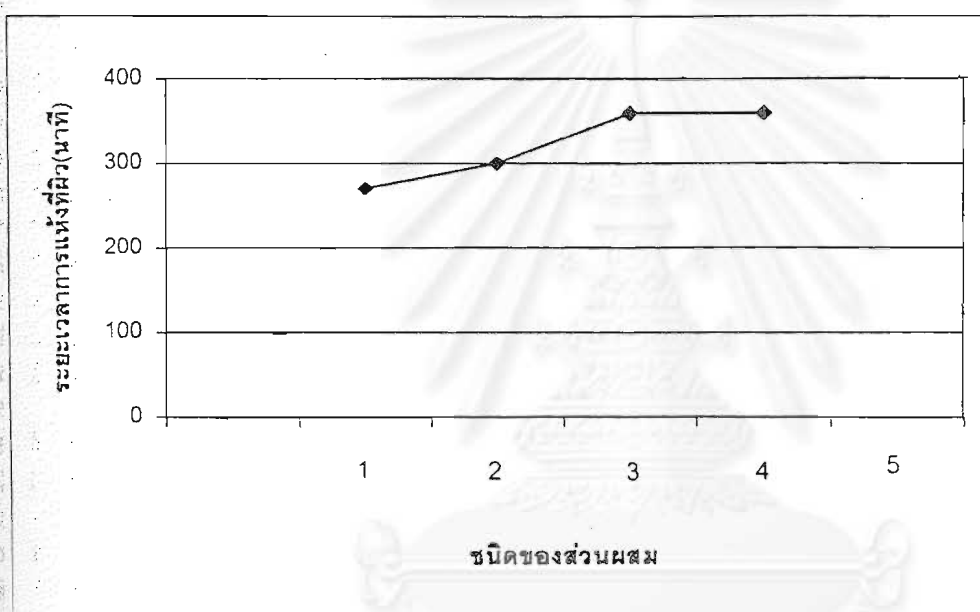


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวารนิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการกวน 40 นาที

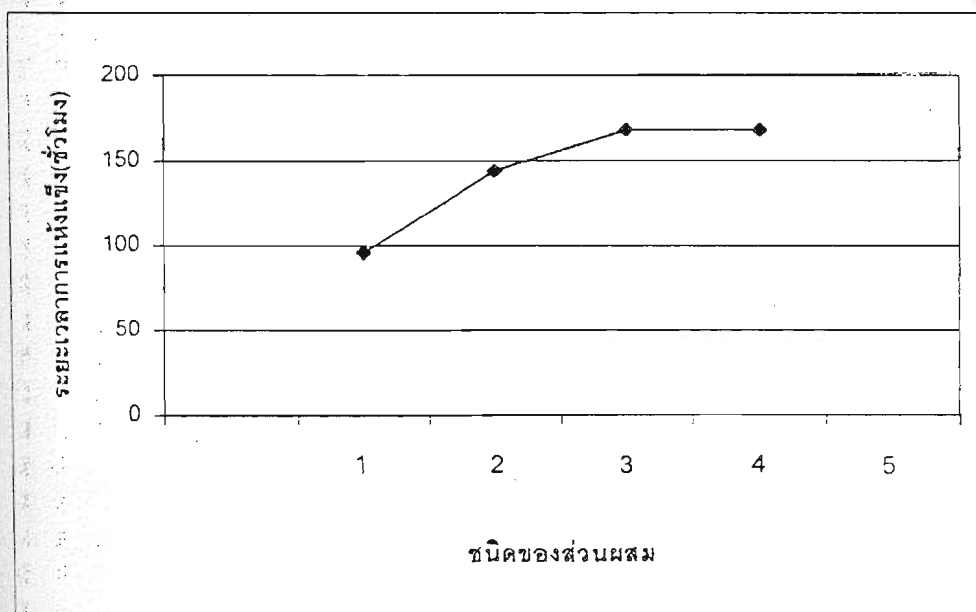
ตารางที่ 4.4 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารนิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้โดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม และใช้เวลาในการกวน 60 นาที

ส่วนผสมของวัสดุดิบ			ปริมาณวัสดุดิบที่ใช้ทดลอง (กรัม)			ระยะเวลาการแห้ง	
C	G	TDI	C	G	TDI	แห้งที่ผิว (นาที)	แห้งแข็ง (ชั่วโมง)
3	1	1	100	33.3	33.3	270	96
3	0.75	1	100	25	33.3	300	144
3	0.5	1	100	16.6	33.3	360	168
3	0.25	1	100	8.3	33.3	360	168

จากตารางที่ 4.4 สามารถนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) และ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวารนิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการกวน 60 นาที



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) ของวานิลลาพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการกวน 60 นาที

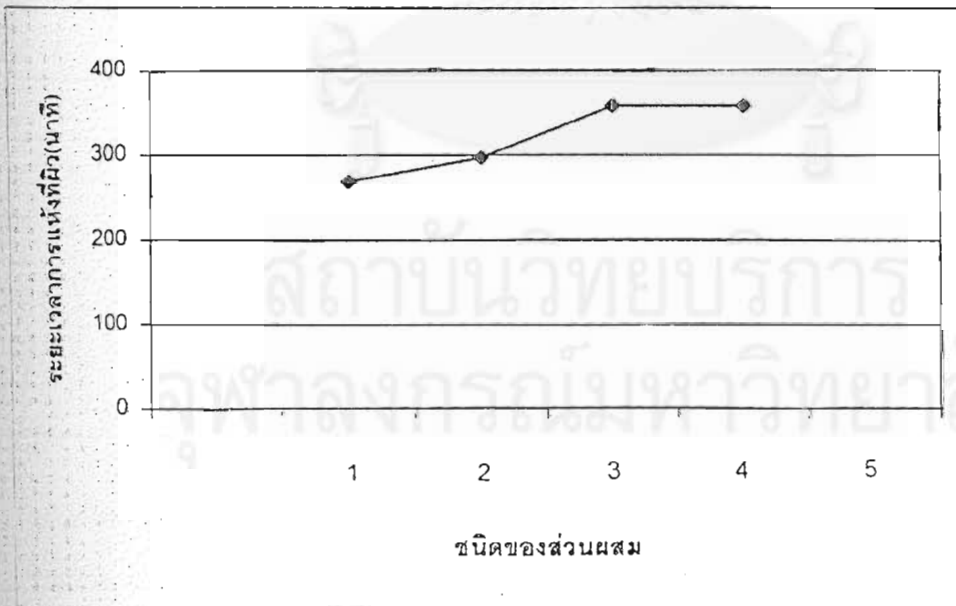


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวานิลลาพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการกวน 60 นาที

ตารางที่ 4.5 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินชพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้โดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม และใช้เวลาในการทวน 80 นาที

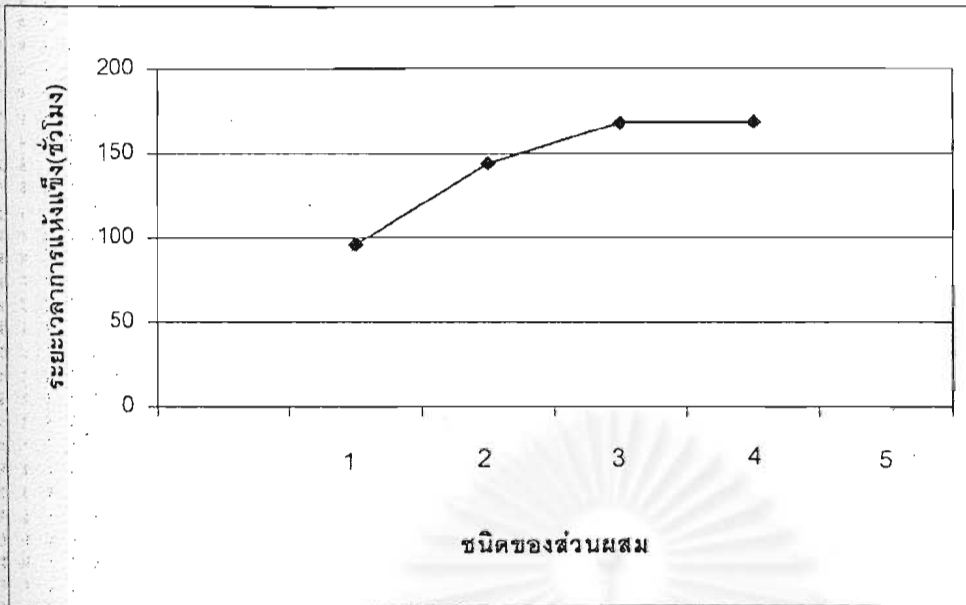
ส่วนผสมของวัตถุดิบ			ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (กรัม)			ระยะเวลาการแห้ง	
C	G	TDI	C	G	TDI	แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
3	1	1	100	33.3	33.3	269	95.8
3	0.75	1	100	25	33.3	297	144
3	0.5	1	100	16.6	33.3	358	167.8
3	0.25	1	100	8.3	33.3	358	168.1

จากตารางที่ 4.5 สามารถนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) และ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวารินชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการทวน 80 นาที



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที)

ของวารินชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการทวน 80 นาที

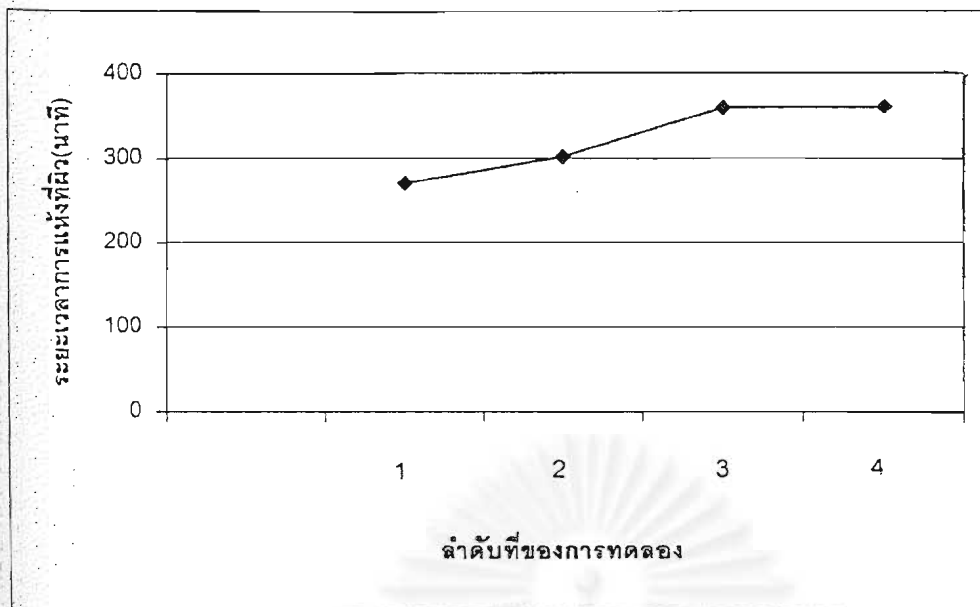


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการกวน 80 นาที

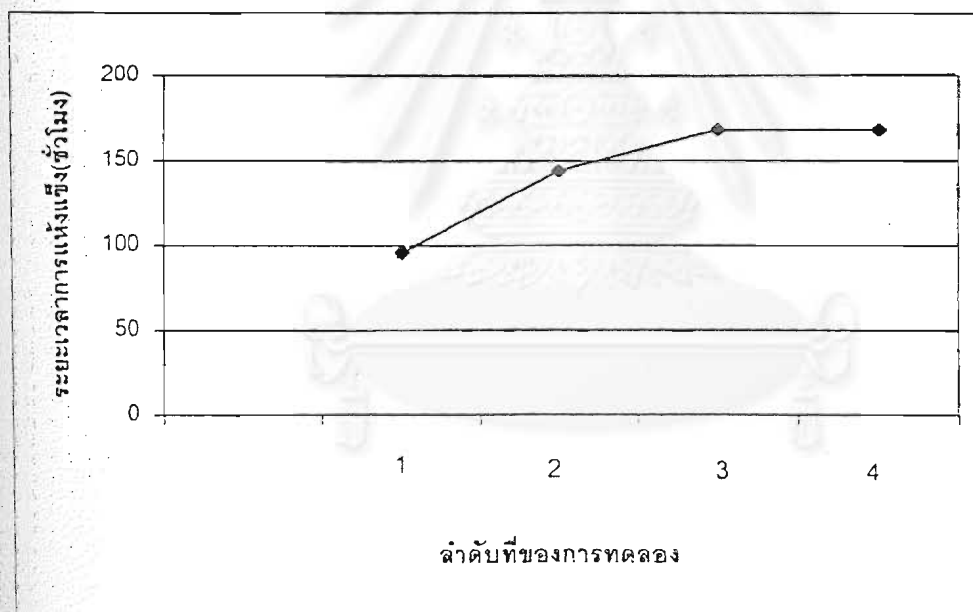
ตารางที่ 4.6 แสดงระยะเวลาการแห้งของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้โดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม และใช้เวลาในการกวน 120 นาที

ส่วนผสมของวัตถุดิบ			ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (กรัม)			ระยะเวลาการแห้ง	
C	G	TDI	C	G	TDI	แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
3	1	1	100	33.3	33.3	270	96
3	0.75	1	100	25	33.3	301	144.1
3	0.5	1	100	16.6	33.3	359	168
3	0.25	1	100	8.3	33.3	360	168

จากตารางที่ 4.6 สามารถนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) และ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการกวน 120 นาที



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) ของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการทวน 120 นาที

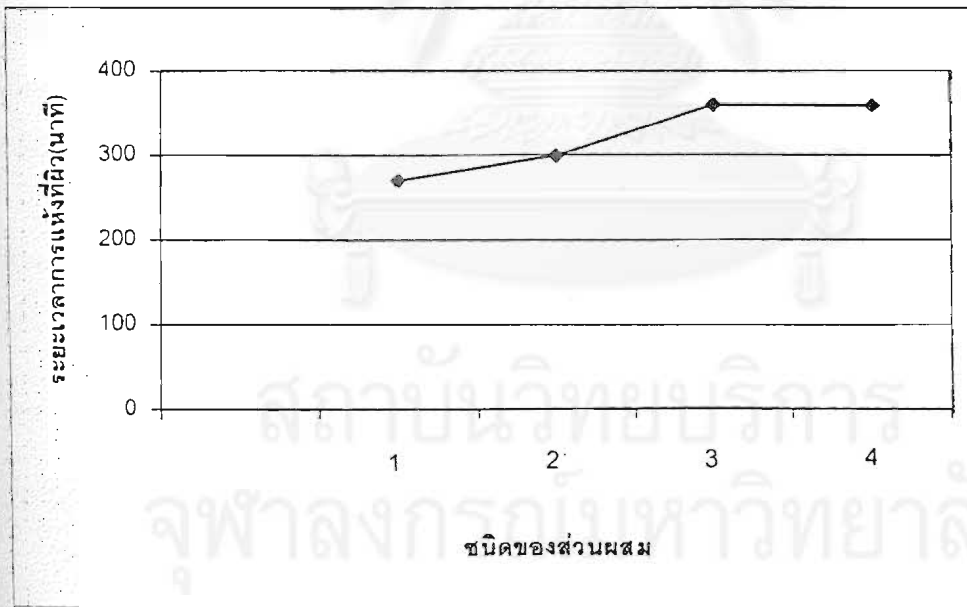


รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการทวน 120 นาที

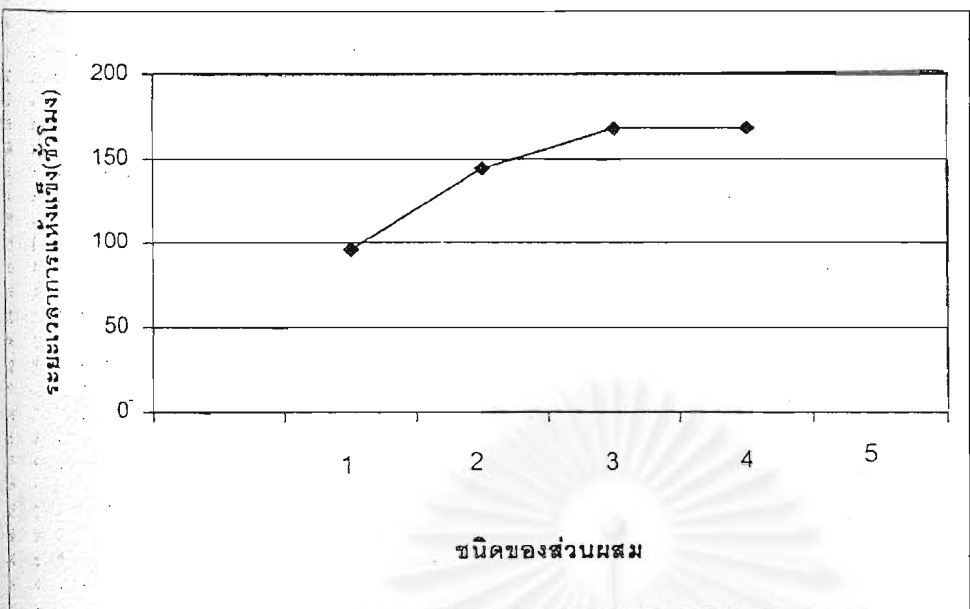
ตารางที่ 4.7 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้โดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม และใช้เวลาในการกวน 150 นาที

ส่วนผสมของวัตถุดิบ			ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (กรัม)			ระยะเวลาการแห้ง	
C	G	TDI	C	G	TDI	แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
3	1	1	100	33.3	33.3	270	95.9
3	0.75	1	100	25	33.3	299	144.2
3	0.5	1	100	16.6	33.3	360	167.9
3	0.25	1	100	8.3	33.3	359	

จากตารางที่ 4.7 สามารถนำข้อมูลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) และ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการกวน 150 นาที



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) ของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการกวน 150 นาที

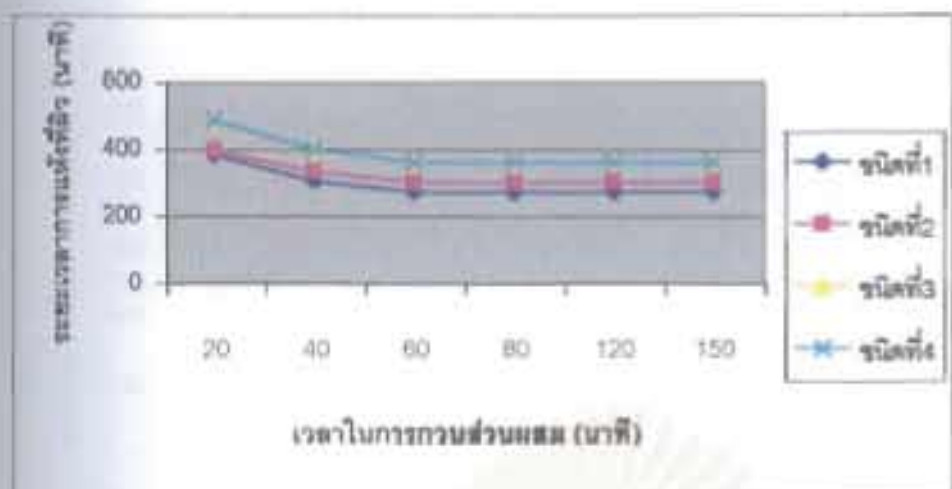


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของส่วนผสมกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของวุ้นพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้เวลาในการกวน 150 นาที

จากข้อมูลในตารางที่ 4.2 ถึง 4.7 สามารถนำไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการกวนส่วนผสม กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิวของส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด ซึ่งจะได้กราฟดังรูปที่ 4.14 และ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการกวนส่วนผสม กับ ระยะเวลาการแห้งแข็งของส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด ซึ่งจะได้กราฟดังรูปที่ 4.15

ตารางที่ 4.8 แสดงเวลาที่ใช้ในการกวนส่วนผสม(นาที) กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที)ของส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด

ระยะเวลาการกวน(นาที)	ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที)			
	ชนิดที่1	ชนิดที่2	ชนิดที่3	ชนิดที่4
20	382	394	483	486
40	304	332	394	396
60	270	300	360	360
80	269	297	358	358
120	270	301	359	360
150	270	299	360	359

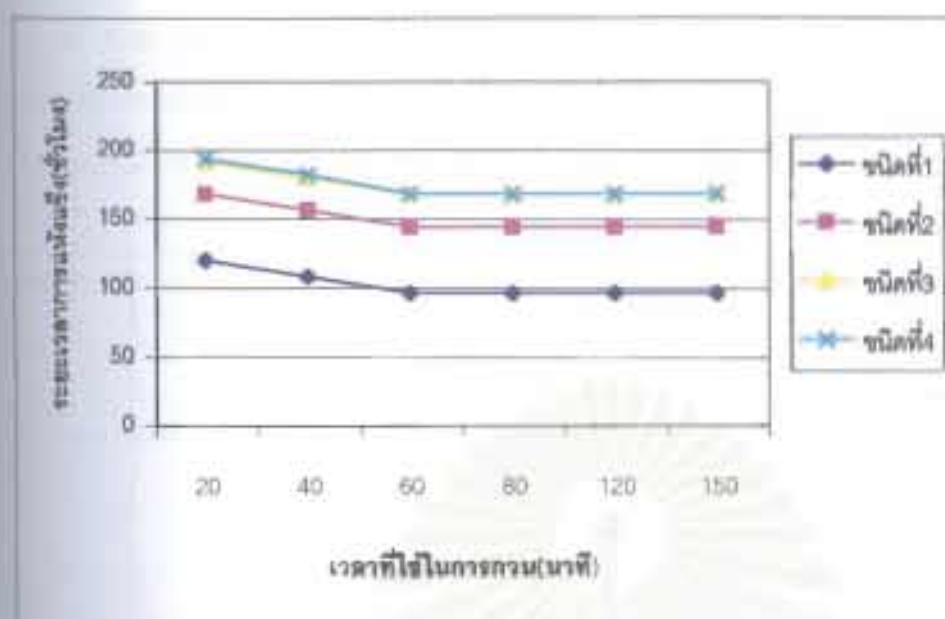


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการกวน(นาที) กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว (นาที) ของส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด

ตารางที่ 4.9 แสดงเวลาที่ใช้ในการกวนส่วนผสม(นาที) กับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด

ระยะเวลาการกวน(นาที)	ระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง)			
	ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	ชนิดที่ 3	ชนิดที่ 4
20	120	168	192	194
40	108	156	180	182
60	96	144	168	168
80	95.8	144	167.8	168.1
120	96	144.1	168	168
150	95.9	144.2	167.9	168.2

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการกวน(นาที) กับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง (ชั่วโมง) ของส่วนผสมทั้ง 4 ชนิด

4.1.2 การเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยการอบสุกคือ

4.1.2.1 ให้ความร้อนกับ CNSL และกลีเซอรินก่อนที่ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาทีปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 30, 60, 90 และ 120 นาที ที่ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$

4.1.2.2 ให้ความร้อนกับ CNSL และกลีเซอรินก่อนที่ $120 \pm 5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาทีปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 30, 60, 90 และ 120 นาที ที่ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$

4.1.2.3 ให้ความร้อนกับ CNSL และกลีเซอรินก่อนที่ $150 \pm 5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาที ปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 30, 60, 90 และ 120 นาที ที่ $90 \pm 5^{\circ}\text{C}$

โดยได้ผลการทดลองดังนี้คือ

ตารางที่ 4.10 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กليسอรีน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 30 นาที ที่ $90\pm 5^{\circ}\text{C}$

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
วิธีการตามข้อ 4.1.2.1			
1	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1459	62.5
2	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1457	50.7
3	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1461	60
4	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1459	98.4
5	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1463	99
6	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1465	90.5
วิธีการตามข้อ 4.1.2.2			
7	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1458	49.5
8	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1499	173.8
9	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1501	172.6
10	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1456	51.2
11	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1460	47.5
12	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1462	74.9
วิธีการตามข้อ 4.1.2.3			
13	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1460	50.5
14	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1462	50.6
15	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1465	51.5
16	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1488	74.8
17	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1463	74.6
18	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1467	75.5

ค่าคงที่

ข้อมูลชุดที่ 1 หมายถึง $C_{100}G_{20}TDI_{25}$

ข้อมูลชุดที่ 2 หมายถึง $C_{100}G_{25}TDI_{25}$

ข้อมูลชุดที่ 3 หมายถึง $C_{100}G_{30}TDI_{25}$

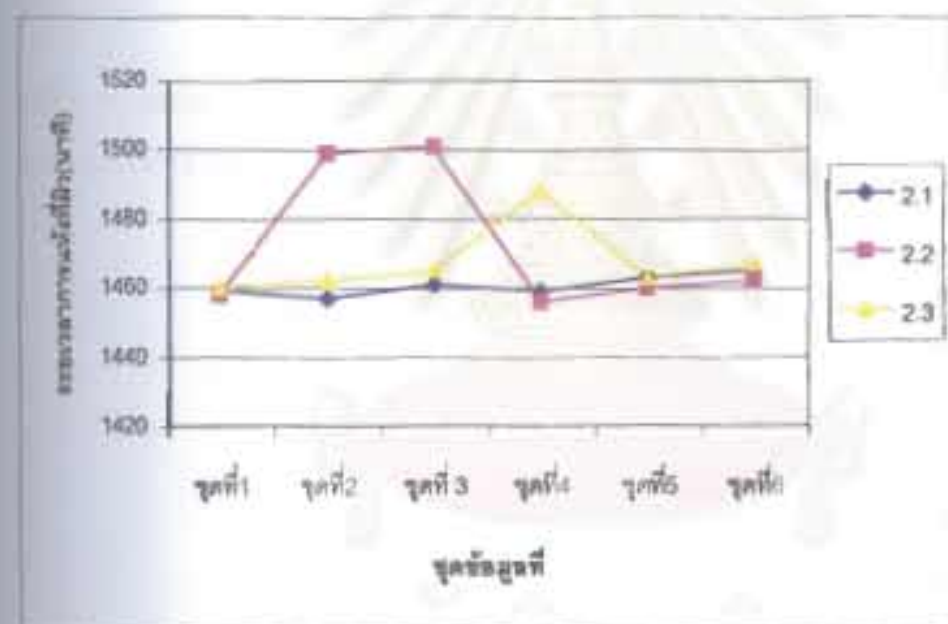
ข้อมูลชุดที่ 4 หมายถึง $C_{100}G_{20}TDI_{30}$

ข้อมูลชุดที่ 5 หมายถึง $C_{100}G_{25}TDI_{30}$

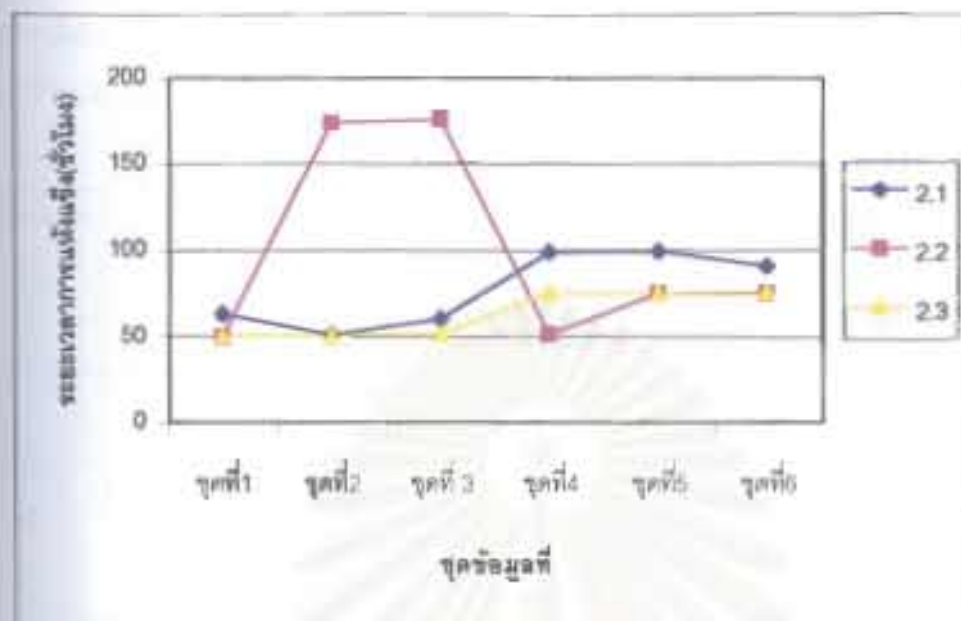
ข้อมูลชุดที่ 6 หมายถึง $C_{100}G_{30}TDI_{30}$

ตัวเลขที่อยู่ด้านข้างของรหัส หมายถึง ปริมาณเป็นกรัม

จากข้อมูลในตารางที่ 4.10 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่ (วินาที) กับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่ (ชั่วโมง) กับข้อมูลชุดต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.16 และ 4.17



รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่าง ๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่ (วินาที) ของการทดลองที่ 1 ถึง 18 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3



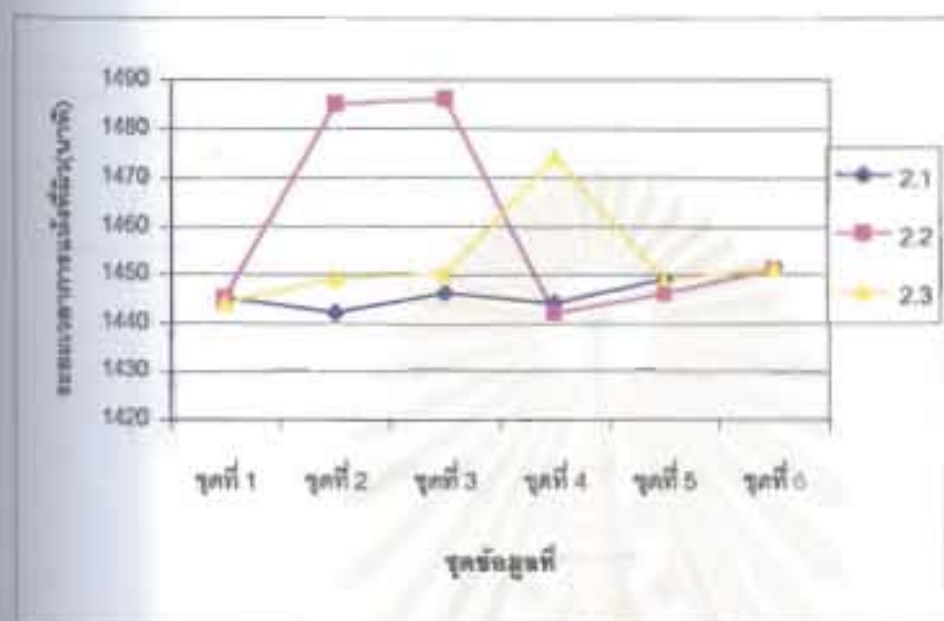
รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดข้อมูลค่า ๆ กับ ระยะเวลาการดำเนินงาน(ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 1 ถึง 18 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

สถาบันวิทย์บริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

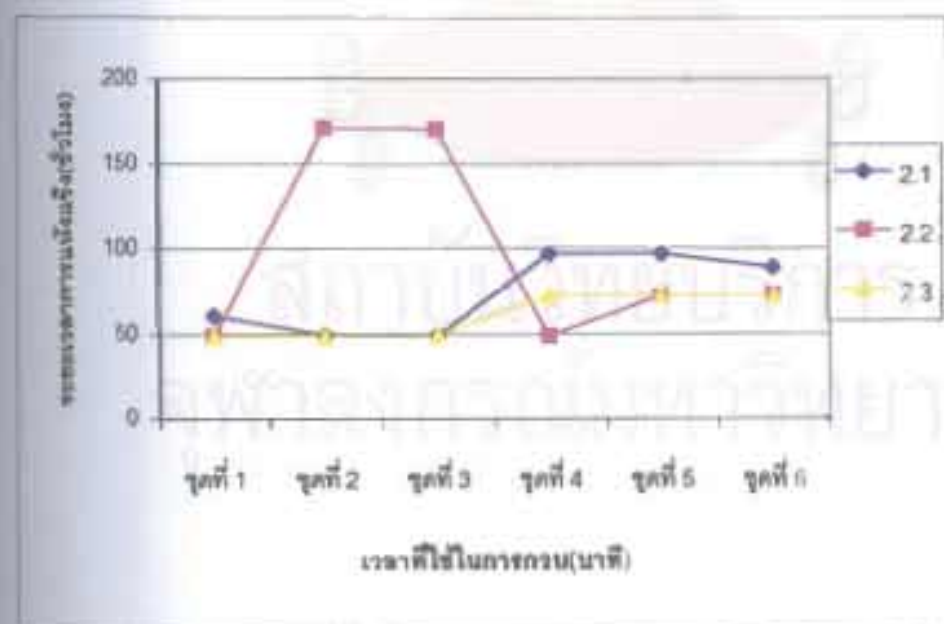
ตารางที่ 4.11 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลิเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 60 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}$ ซ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 30 นาที ที่ $90 \pm 5^{\circ}$ ซ

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.1		
19	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1445	60.5
20	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1442	48.6
21	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1446	48.7
22	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1444	96.5
23	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1449	96.6
24	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1451	88.7
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.2		
25	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1445	48.5
26	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1485	170.7
27	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1486	169.8
28	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1442	48.5
29	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1446	72.6
30	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1451	72.7
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.3		
31	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1444	48.5
32	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1449	48.4
33	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1450	48.6
34	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1474	72.6
35	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1449	72.5
36	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1451	72.6

จากข้อมูลในตารางที่ 4.11 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่ผิว (นาทีก) กับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งแห้ง (ชั่วโมง) กับข้อมูลชุดต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.18 และ 4.19



รูปที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่าง ๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว (นาทีก) ของการทดลองที่ 1 ถึง 36 ตามวิธีการตามชื่อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

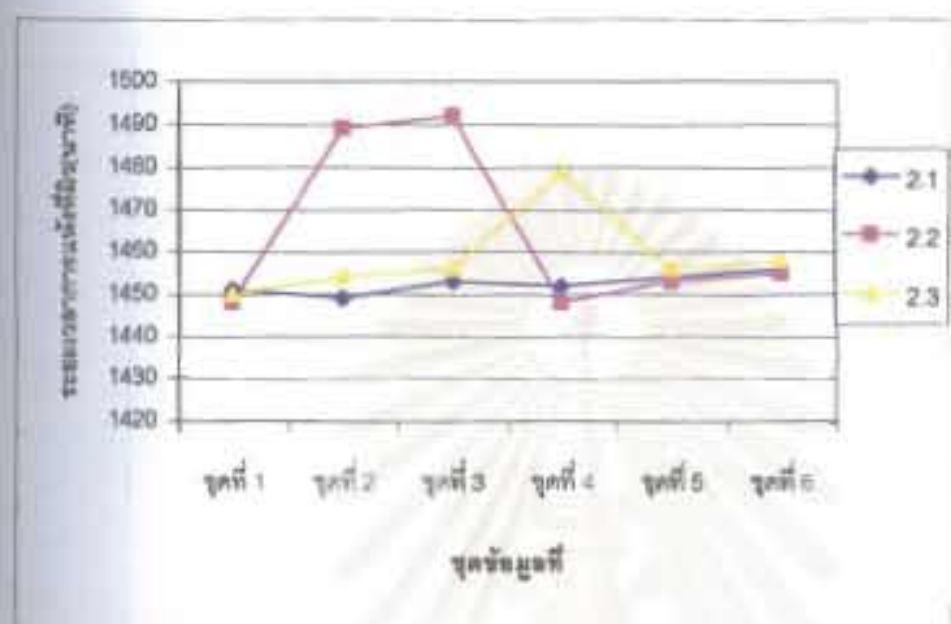


รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่าง ๆ กับ ระยะเวลาการแห้งแห้ง (ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 19 ถึง 36 ตามวิธีการตามชื่อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

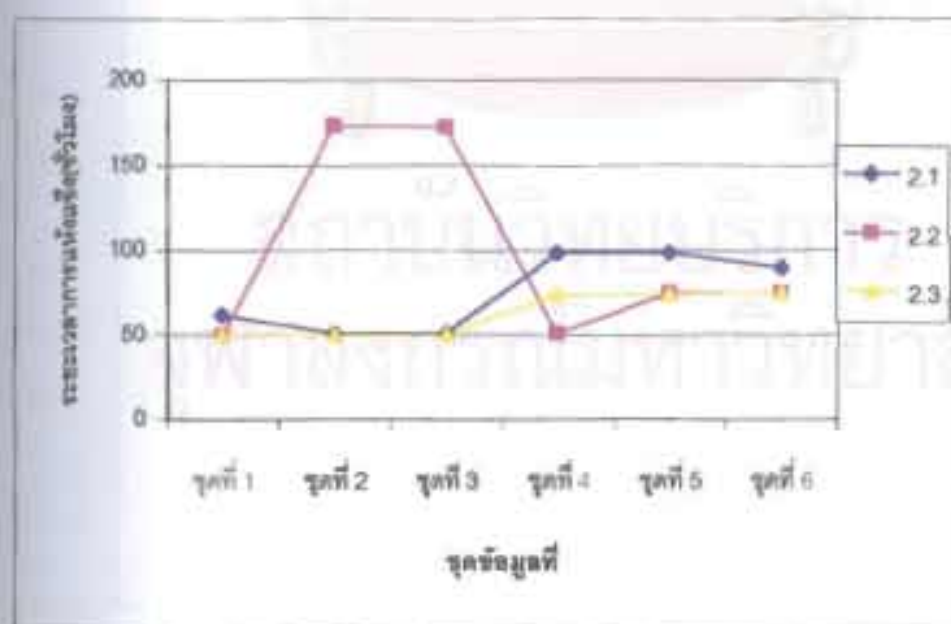
ตารางที่ 4.12 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารัณิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 90 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}$ ซ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 30 นาที ที่ $90 \pm 5^{\circ}$ ซ

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.1		
37	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1451	62
38	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1449	50.5
39	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1453	50.6
40	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1452	98
41	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1454	98.3
42	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1456	89.6
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.2		
43	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1448	49.3
44	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1489	173
45	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1492	172.4
46	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1448	50.6
47	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1453	74.4
48	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1455	74.5
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.3		
49	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1450	49.8
50	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1454	49.9
51	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1456	49.6
52	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1479	74
53	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1456	73.7
54	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1458	74.7

จากข้อมูลในตารางที่ 4.12 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่มีผล (นาที) กับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งแห้ง (ชั่วโมง) กับข้อมูลชุดต่างๆ จะได้อีกภาพดังรูปที่ 4.20 และ 4.21



รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่าง ๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่มีผล(นาที)ของการทดลองที่ 37 ถึง 54 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

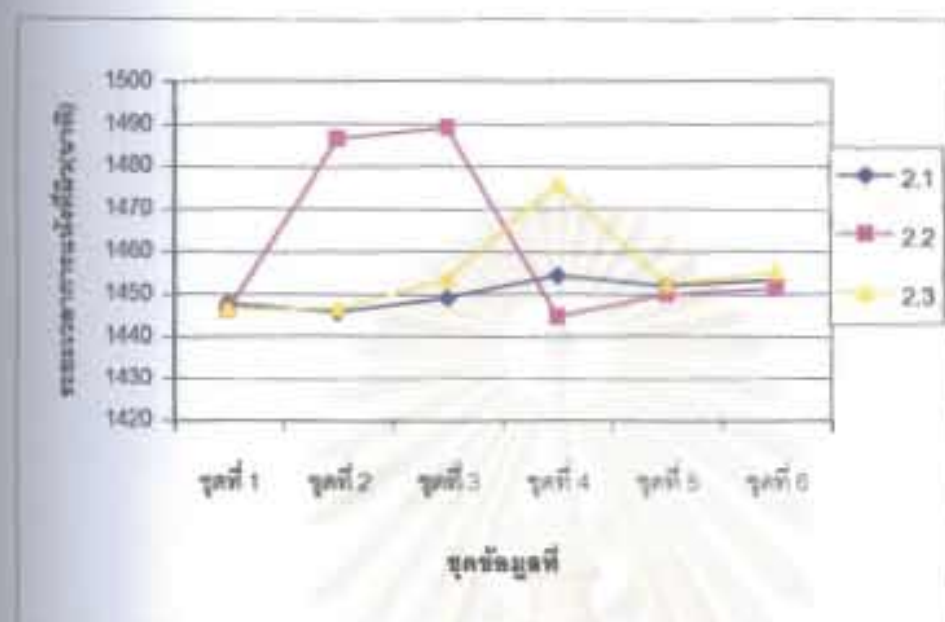


รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่าง ๆ กับ ระยะเวลาการแห้งแห้ง(ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 37 ถึง 54 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

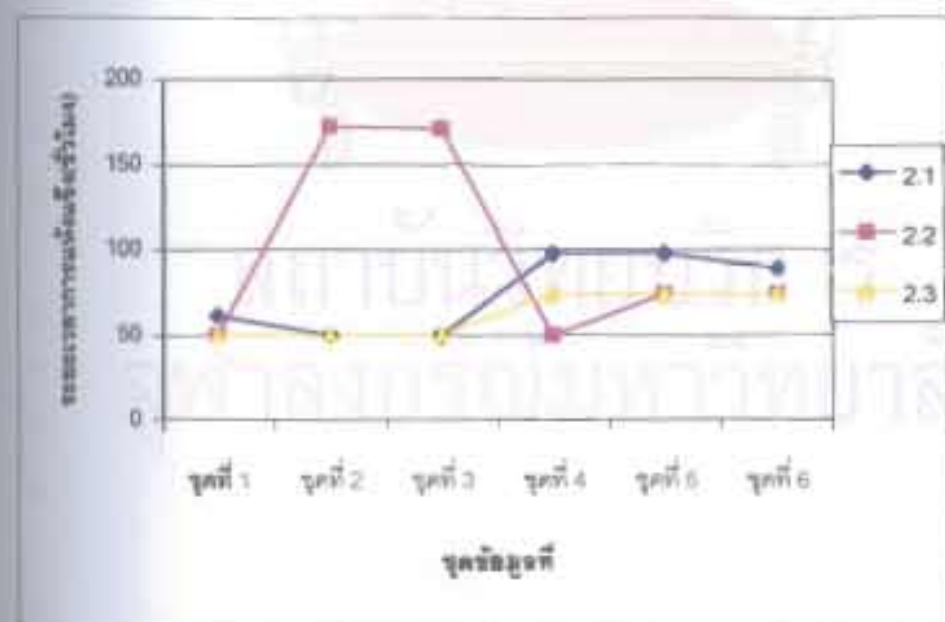
ตารางที่ 4.13 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 120 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}$ ซ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 30 นาที ที่ $90 \pm 5^{\circ}$ ซ

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.1		
55	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1447.7	61
56	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1445.6	49.5
57	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1449	49.4
58	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1454.4	97.6
59	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1452	97.5
60	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1453.2	88.9
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.2		
61	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1446.2	48.9
62	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1486.4	172
63	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1489	170.6
64	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1444.6	49.5
65	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1450	73.7
66	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1451.2	74
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.3		
67	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1446.4	49.5
68	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1446.6	49.7
69	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1453.3	50.1
70	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1476	73.5
71	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1452.3	73.6
72	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1455	74

จากข้อมูลในตารางที่ 4.13 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่นิ่ว (นาทีก) กับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งแข็ง (ชั่วโมง) กับข้อมูลชุดต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.22 และ 4.23



รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่นิ่ว(นาทีก) ของการทดลองที่ 55 ถึง 72 ตามวิธีการตามชื่อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

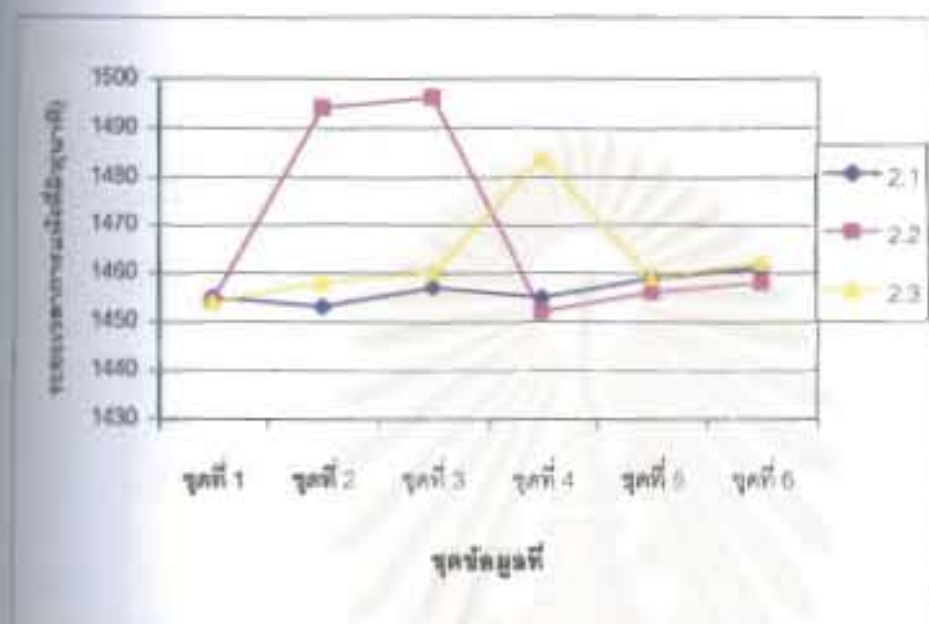


รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 55 ถึง 72 ตามวิธีการตามชื่อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

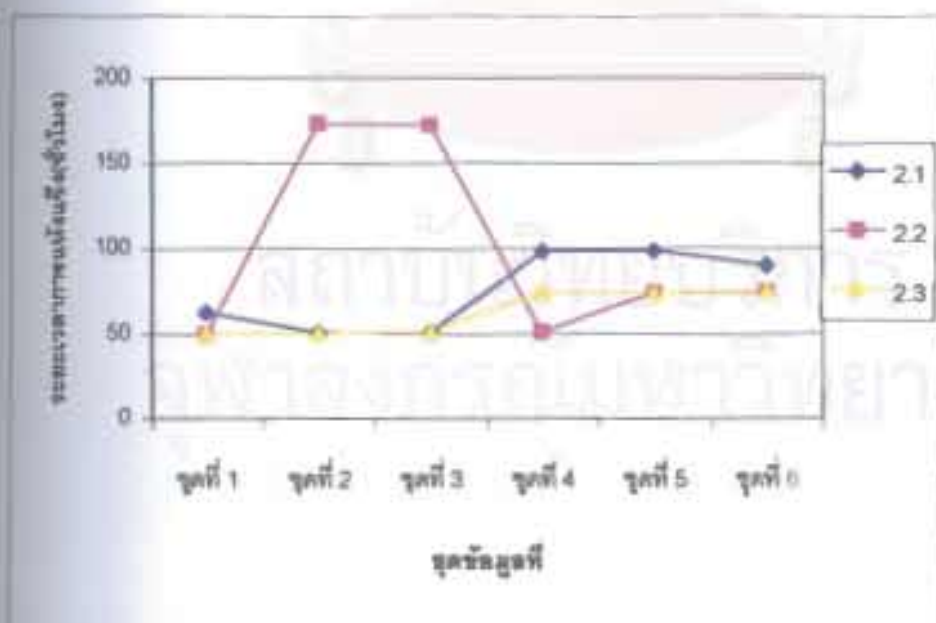
ตารางที่ 4.14 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 60 นาที ที่ $90\pm 5^{\circ}\text{C}$

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.1		
73	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1455	62
74	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1453	50.2
75	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1457	50.5
76	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1455	98
77	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1459	98.5
78	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1461	90
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.2		
79	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1454	49
80	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1494	173
81	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1496	172.1
82	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1452	50.7
83	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1456	74
84	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1458	74.4
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.3		
85	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1454	50
86	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1458	50
87	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1460	51
88	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1484	74.3
89	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1459	74
90	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1462	75

ทั้งชุดในตารางที่ 4.14 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่ผิว
 กับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งแข็ง(ชั่วโมง)กับข้อมูล
 ชุดๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.24 และ 4.25 รูปที่ 4.24 และ 4.25



รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) ของการ
 ทดลองที่ 73 ถึง 90 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

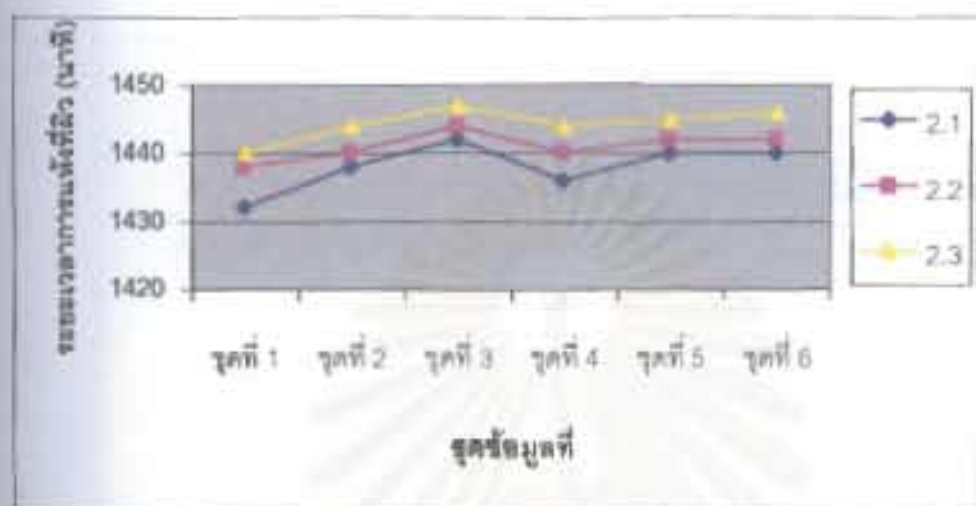


รูปที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของการ
 ทดลองที่ 73 ถึง 90 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

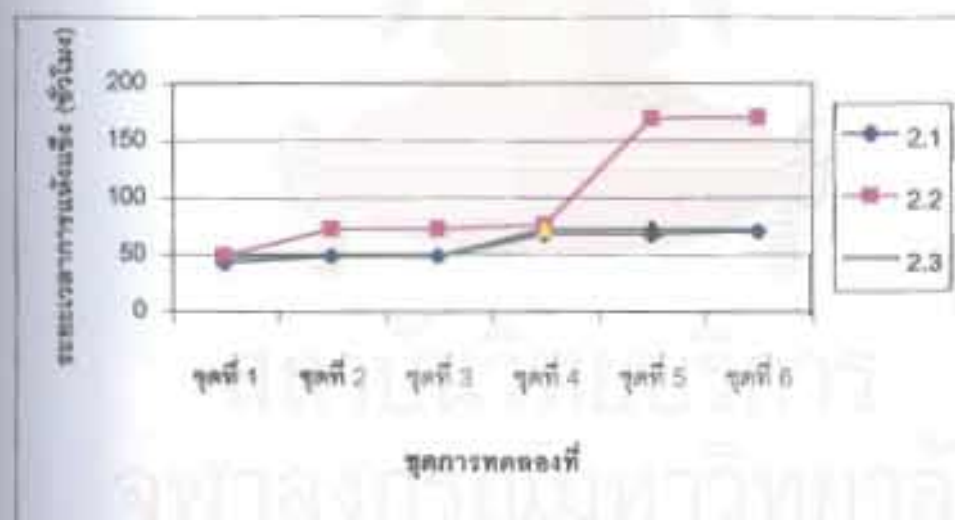
ตารางที่ 4.15 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 60 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 60 นาที ที่ $90\pm 5^{\circ}\text{C}$

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
วิธีการตามข้อ 4.1.2.1			
91	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1432	42
92	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1438	48
93	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1442	48
94	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1436	68
95	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1440	68
96	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1440	70
วิธีการตามข้อ 4.1.2.2			
97	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1438	48
98	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1440	72
99	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1444	72
100	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1440	76
101	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1442	169
102	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1442	170
วิธีการตามข้อ 4.1.2.3			
103	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1440	48
104	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1444	48
105	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1447	48
106	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1444	72
107	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1445	72
108	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1446	72

จากข้อมูลในตารางที่ 4.15 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแ่งที่มีว
 อกทีกับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแ่งแข็ง(ชั่วโมง)กับข้อมูล
 ชุดต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.26 และ 4.27



รูปที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแ่งที่มีว(นาที) ของการ
 ทดลองที่ 91 ถึง 108 ตามวิธีการตามชื่อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3



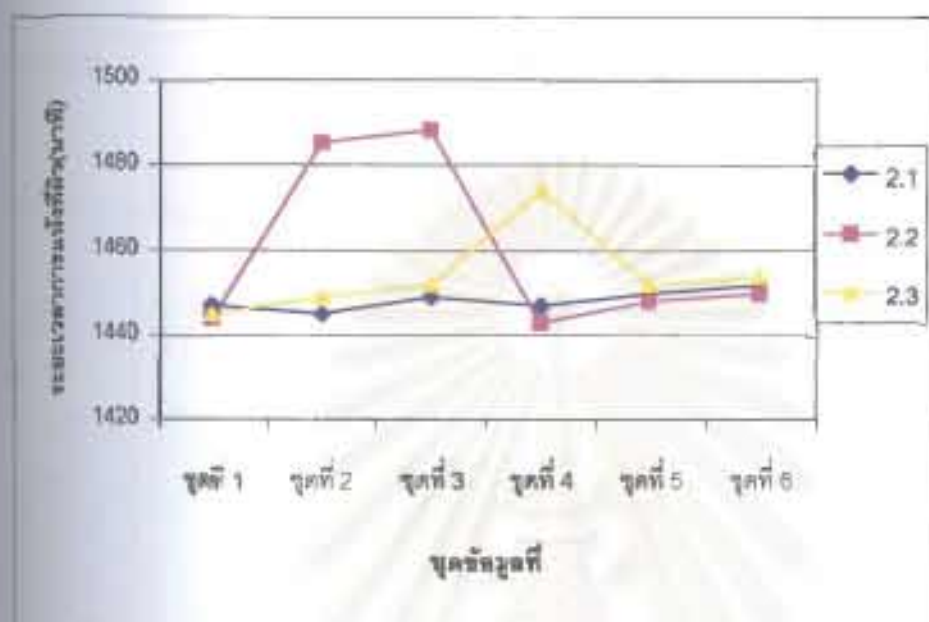
รูปที่
4.27
แสดง
ความ
สัมพันธ์

ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแ่งแข็ง(ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 91 ถึง 108 ตามวิธีการ
 ตามชื่อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

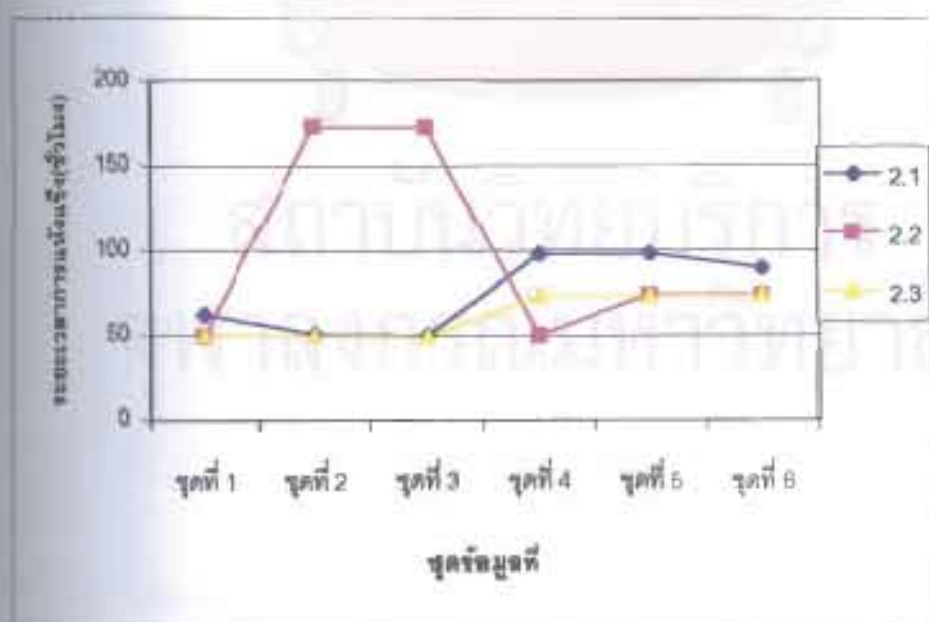
ตารางที่ 4.16 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินทพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลิเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 90 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 60 นาที ที่ $90\pm 5^{\circ}\text{C}$

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
วิธีการตามข้อ 4.1.2.1			
109	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1447	61.5
110	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1445	50
111	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1449	50
112	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1447	97.5
113	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1450	97.8
114	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1452	89
วิธีการตามข้อ 4.1.2.2			
115	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1444	48.8
116	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1485	172.3
117	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1488	171.8
118	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1443	50
119	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1448	73.9
120	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1450	74
วิธีการตามข้อ 4.1.2.3			
121	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1445	49.3
122	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1449	49.4
123	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1452	49
124	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1474	73.4
125	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1452	73.2
126	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1454	74.1

ทศนิยมในตารางที่ 4.16 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่ผิว (นาที) กับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งแข็ง(ชั่วโมง)กับข้อมูลชุดต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.28 และ 4.29



รูปที่ 4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) ของการทดลองที่ 109 ถึง 126 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1 , 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

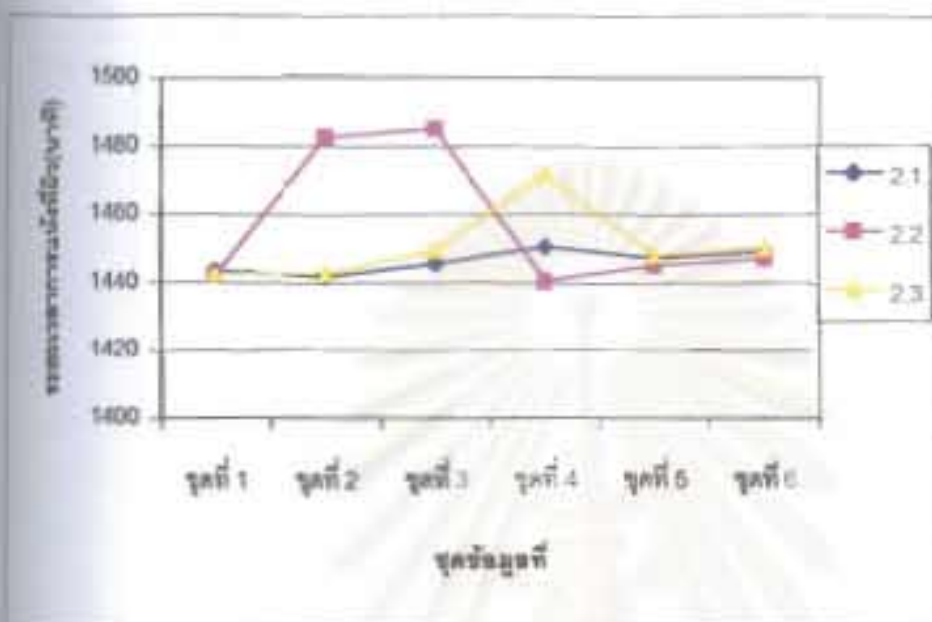


รูปที่ 4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 109 ถึง 126 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1 , 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

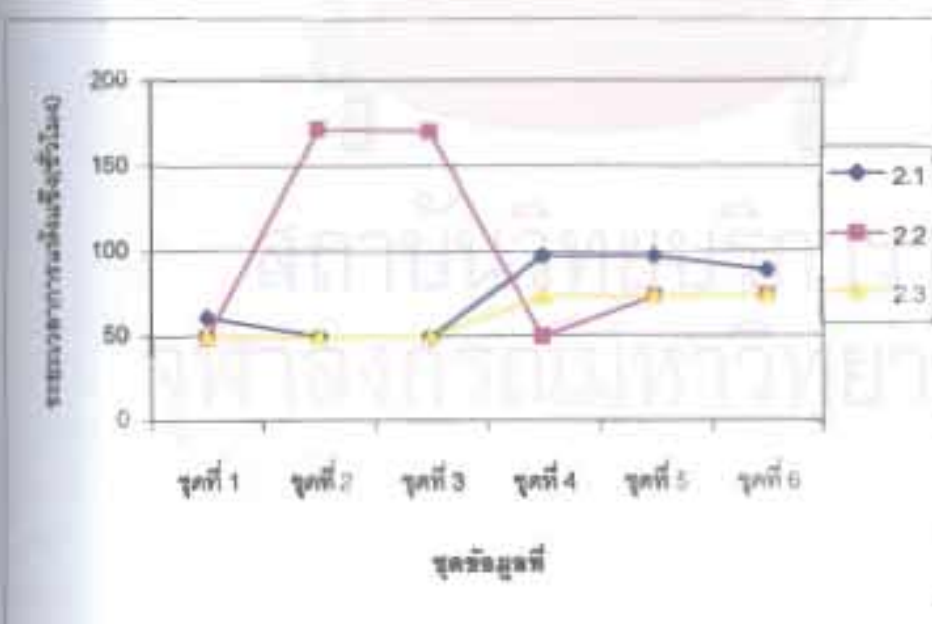
ตารางที่ 4.17 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินทอพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 120 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 60 นาที ที่ $90\pm 5^{\circ}\text{C}$

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.1		
127	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1443.6	60.5
128	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1441.5	49
129	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1445.4	49
130	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1450.5	97
131	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1447	97
132	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1449	88.5
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.2		
133	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1442	48.5
134	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1482.5	171.5
135	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1485	170
136	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1440.5	49
137	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1445	73
138	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1447	73.5
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.3		
139	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1442.5	49
140	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1442.4	49.2
141	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1449.2	49.6
142	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1472	73
143	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1448	73
144	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1450	73.5

กราฟแสดงในตารางที่ 4.17 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่ผิว (นาทีก) กับข้อมูลจุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งแข็ง (ชั่วโมง) กับข้อมูลจุดต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.30 และ 4.31



รูปที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว (นาทีก) ของการทดลองที่ 127 ถึง 144 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

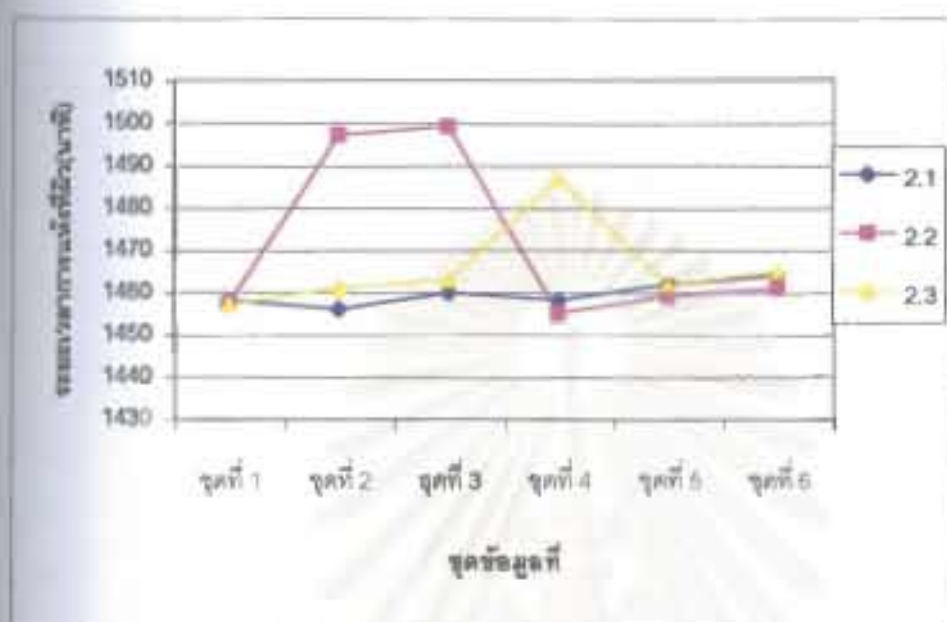


รูปที่ 4.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง (ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 127 ถึง 144 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

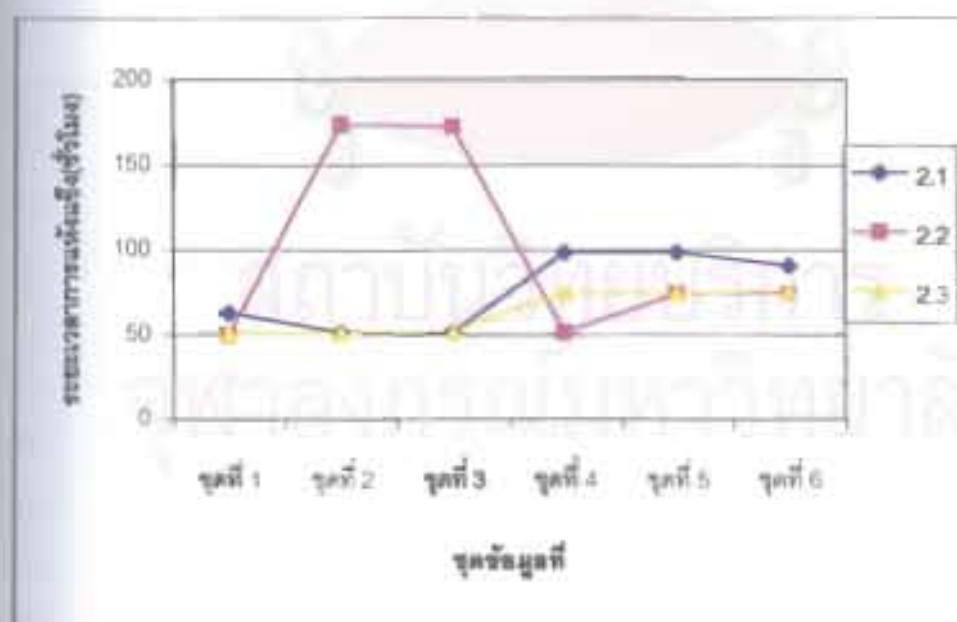
ตารางที่ 4.18 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 90 นาที ที่ $90\pm 5^{\circ}\text{C}$

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
วิธีการตามข้อ 4.1.2.1			
145	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1458	62.4
146	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1456	50.5
147	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1460	50.8
148	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1458	98.3
149	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1462	98.5
150	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1464	90.2
วิธีการตามข้อ 4.1.2.2			
151	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1457	49.3
152	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1497	173.2
153	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1499	172.4
154	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1455	51
155	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1459	74.3
156	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1461	74.7
วิธีการตามข้อ 4.1.2.3			
157	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1457	50.3
158	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1461	50.4
159	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1463	51.2
160	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1487	74.7
161	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1462	74.3
162	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1465	75.4

จากข้อมูลในตารางที่ 4.18 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่ผิว (นาที) กับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งแข็ง(ชั่วโมง)กับข้อมูลชุดต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.32 และ 4.33



รูปที่ 4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) ของการทดลองที่ 145 ถึง 162 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

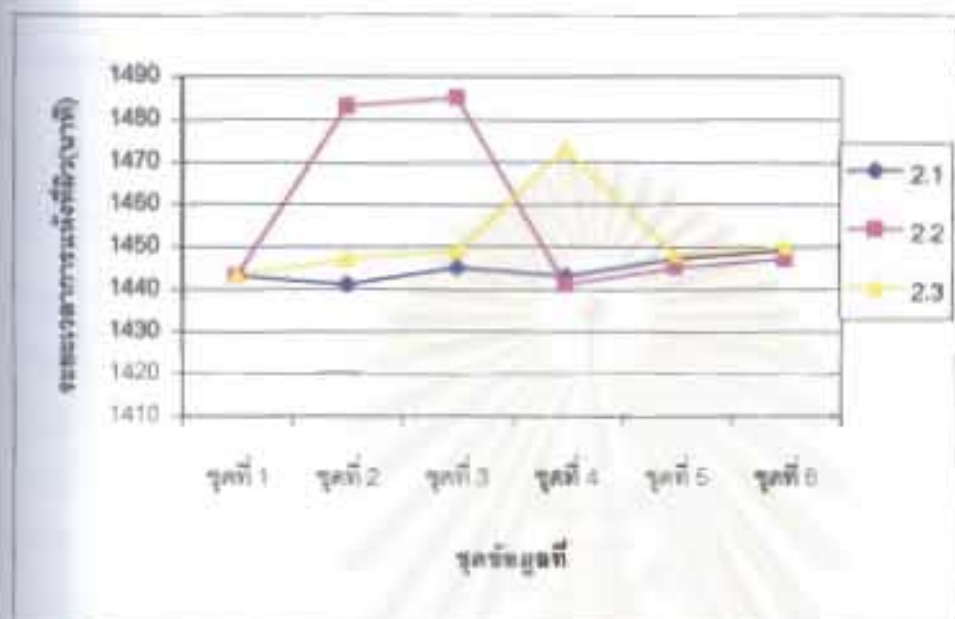


รูปที่ 4.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 145 ถึง 162 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

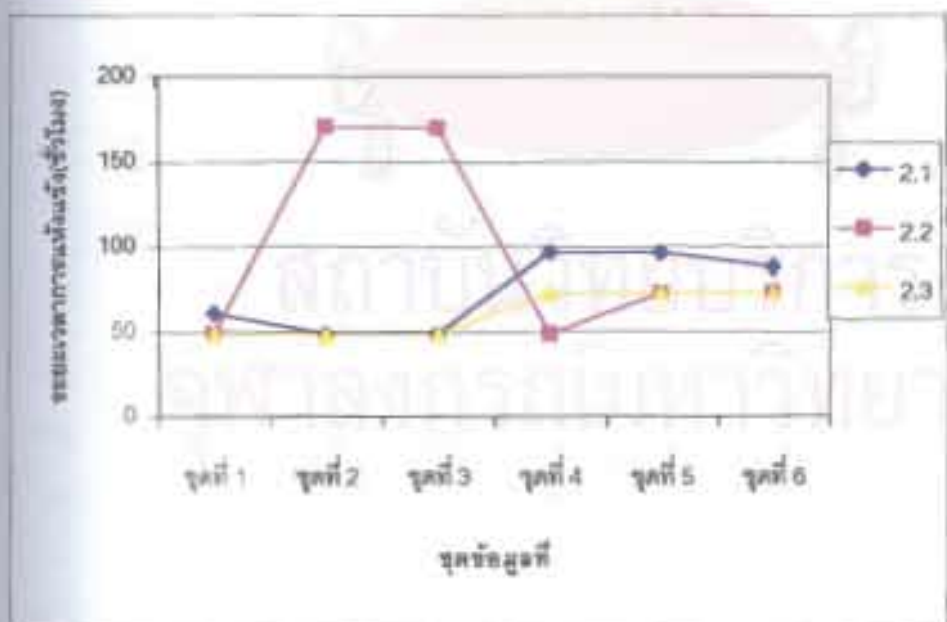
ตารางที่ 4.19 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลิเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 60 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 90 นาที ที่ $90\pm 5^{\circ}\text{C}$

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.1		
163	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1443	60.3
164	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1441	48.4
165	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1445	48.5
166	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1443	96.4
167	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1447	96.3
168	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1449	88.2
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.2		
169	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1443	48.4
170	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1483	170.5
171	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1485	169.6
172	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1441	48.3
173	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1445	72.4
174	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1447	72.5
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.3		
175	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1443	48.3
176	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1447	48.2
177	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1449	48.4
178	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1473	72.4
179	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1448	72.3
180	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1450	72.4

จากข้อมูลในตารางที่ 4.19 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่ผิว (นาทีก) กับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งแข็ง(ชั่วโมง)กับข้อมูลชุดต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.34 และ 4.35



รูปที่ 4.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาทีก) ของการทดลองที่ 163 ถึง 180 ตามวิธีการตามชื่อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

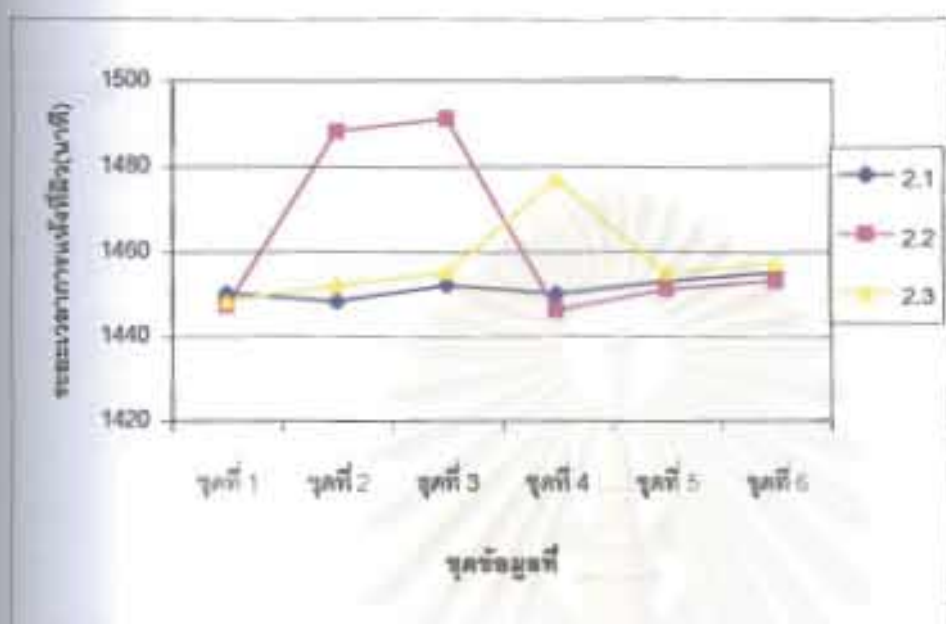


รูปที่ 4.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 163 ถึง 180 ตามวิธีการตามชื่อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

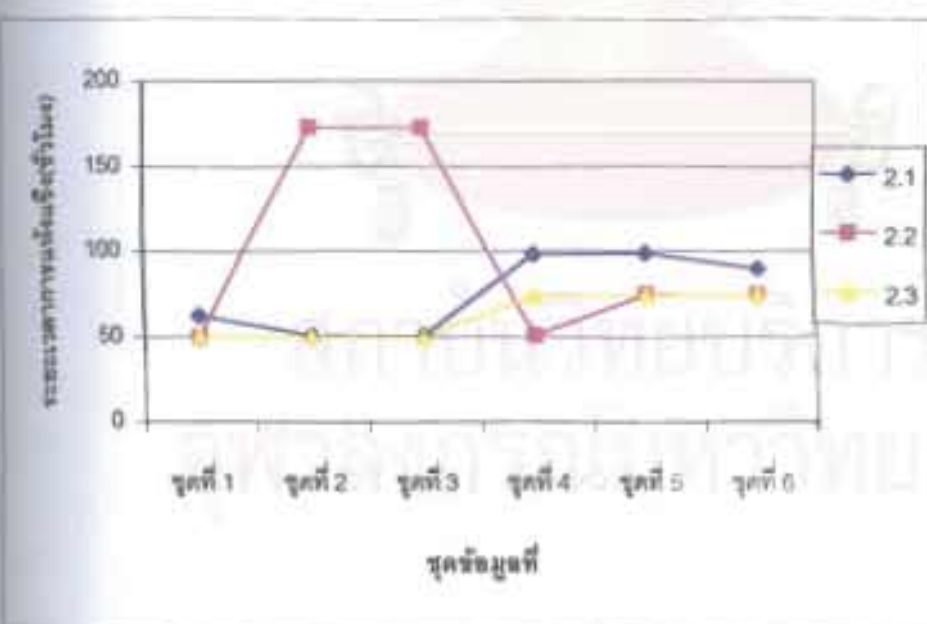
ตารางที่ 4.20 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 90 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 90 นาที ที่ $90\pm 5^{\circ}\text{C}$

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.1		
181	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1450	61.8
182	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1448	50.3
183	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1452	50.4
184	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1450	97.8
185	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1453	98.1
186	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1455	89.4
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.2		
187	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1447	49.1
188	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1488	172.7
189	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1491	172.2
190	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1446	50.3
191	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1451	74.2
192	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1453	74.3
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.3		
193	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1448	49.6
194	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1452	49.7
195	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1455	49.4
196	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1477	73.7
197	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1455	73.5
198	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1457	74.4

จากข้อมูลในตารางที่ 4.20 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่ผิว (นาทีก) กับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งแห้งแข็ง(ชั่วโมง)กับข้อมูลชุดต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.36 และ 4.37



รูปที่ 4.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาทีก) ของการทดลองที่ 181 ถึง 198 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

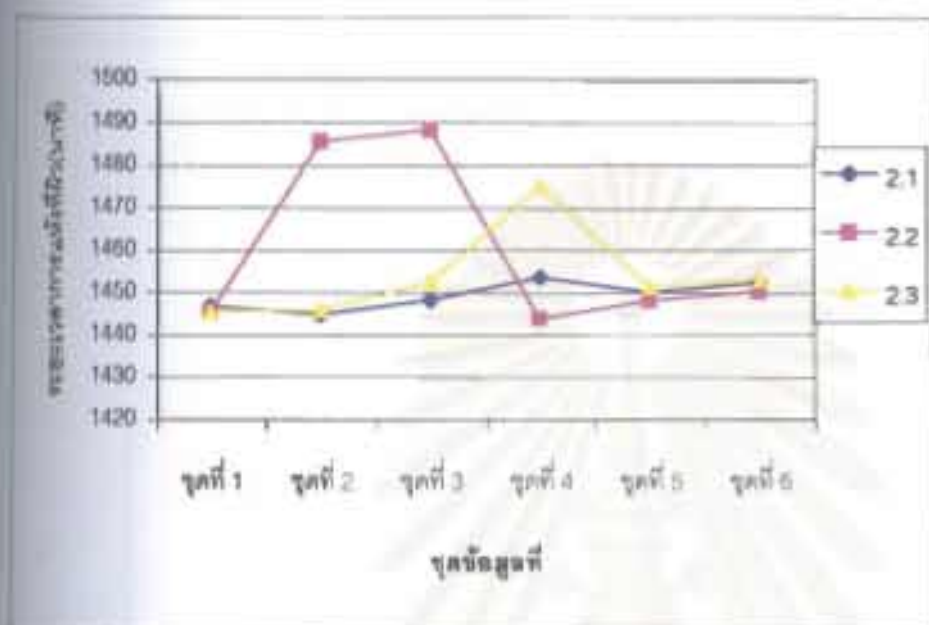


รูปที่ 4.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 181 ถึง 198 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

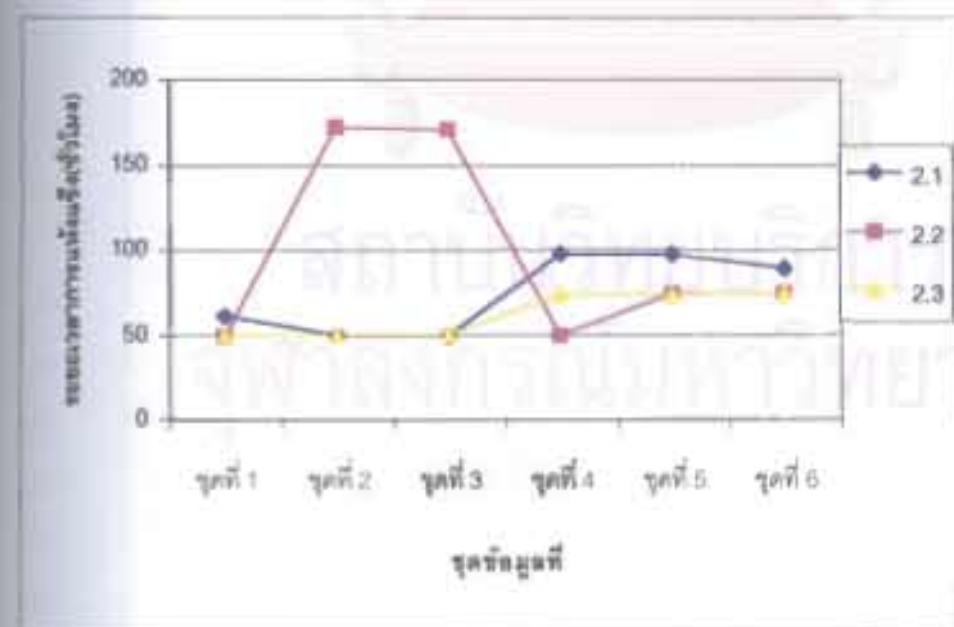
ตารางที่ 4.21 แสดงระยะเวลาการแห้งของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 120 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 90 นาที ที่ $90\pm 5^{\circ}\text{C}$

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.1		
199	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1446.7	60.8
200	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1444.6	49.3
201	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1448	49.2
202	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1453.4	97.4
203	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1450	97.3
204	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1452.2	88.7
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.2		
205	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1445.2	48.7
206	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1485.4	171.8
207	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1488	170.4
208	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1443.6	49.4
209	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1448	73.5
210	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1450.2	73.7
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.3		
211	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1445.4	49.3
212	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1445.6	49.5
213	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1452.3	49.9
214	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1475	73.3
215	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1451.3	73.4
216	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1453	73.8

ข้อมูลในตารางที่ 4.21 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห่งที่มีว
 ลากกับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห่งแข็ง(ชั่วโมง)กับข้อมูล
 ชุดต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.38 และ 4.39



รูปที่ 4.38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห่งที่มีวลา(นาที) ของการ
 แสดงที่ 199 ถึง 216 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

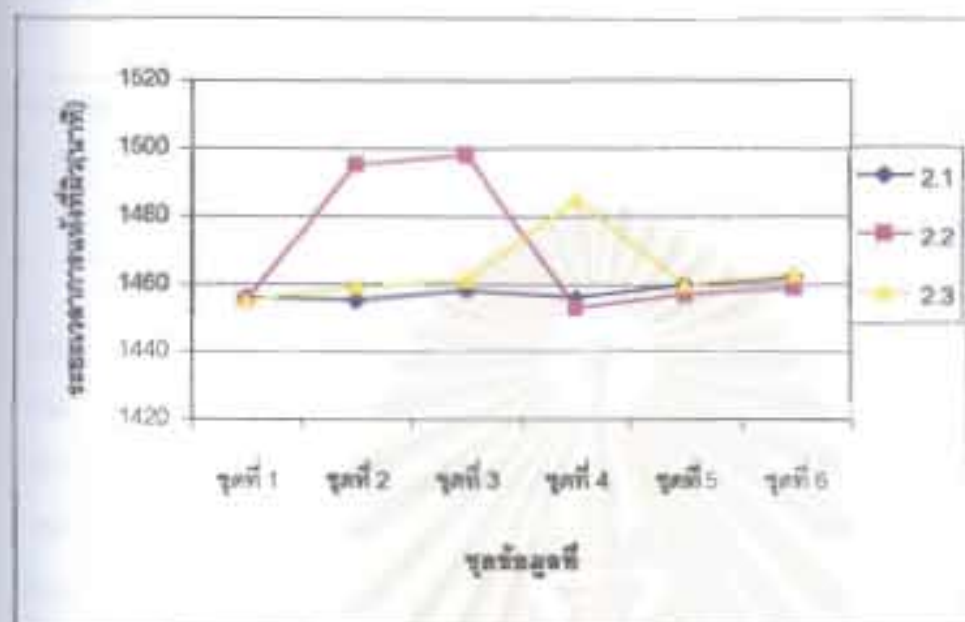


รูปที่ 4.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห่งแข็ง(ชั่วโมง) ของการ
 แสดงที่ 199 ถึง 216 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

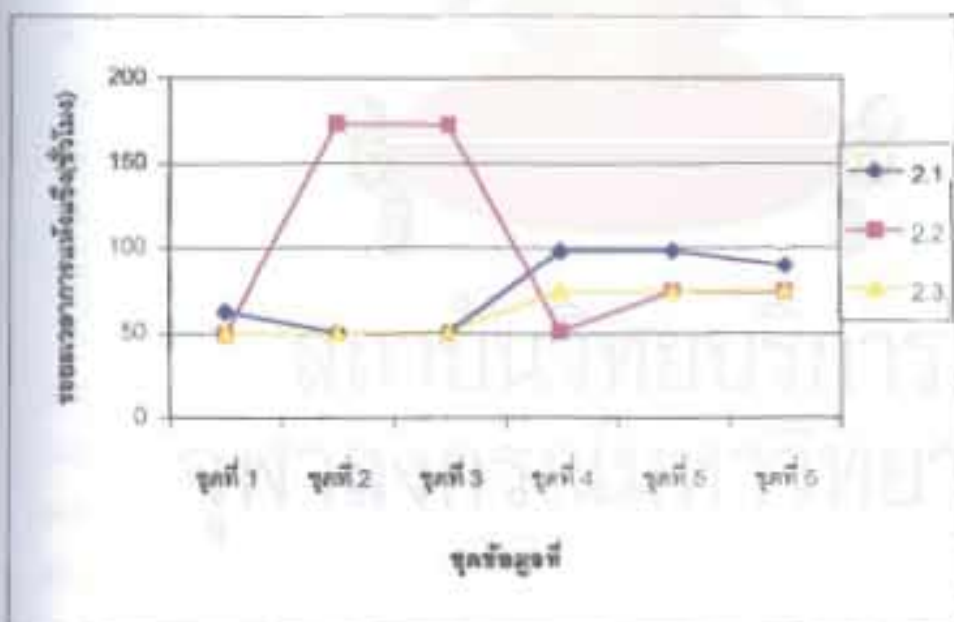
ตารางที่ 4.22 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ 50–60° ซ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 120 นาที ที่ 90±5° ซ

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.1		
217	C ₁₀₀ G ₂₀ TDI ₂₅	1456	62.3
218	C ₁₀₀ G ₂₅ TDI ₂₅	1455	50.4
219	C ₁₀₀ G ₃₀ TDI ₂₅	1458	50.7
220	C ₁₀₀ G ₂₀ TDI ₃₀	1456	98.2
221	C ₁₀₀ G ₂₅ TDI ₃₀	1460	98.4
222	C ₁₀₀ G ₃₀ TDI ₃₀	1462	90
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.2		
223	C ₁₀₀ G ₂₀ TDI ₂₅	1455	49.1
224	C ₁₀₀ G ₂₅ TDI ₂₅	1495	173.1
225	C ₁₀₀ G ₃₀ TDI ₂₅	1498	172.3
226	C ₁₀₀ G ₂₀ TDI ₃₀	1453	51
227	C ₁₀₀ G ₂₅ TDI ₃₀	1457	74.2
228	C ₁₀₀ G ₃₀ TDI ₃₀	1459	74.6
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.3		
229	C ₁₀₀ G ₂₀ TDI ₂₅	1455	50.1
230	C ₁₀₀ G ₂₅ TDI ₂₅	1459	50.4
231	C ₁₀₀ G ₃₀ TDI ₂₅	1461	51.1
232	C ₁₀₀ G ₂₀ TDI ₃₀	1485	74.6
233	C ₁₀₀ G ₂₅ TDI ₃₀	1460	74.2
234	C ₁₀₀ G ₃₀ TDI ₃₀	1463	75.3

จากข้อมูลในตารางที่ 4.22 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่ผิว (นาทีก) กับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งแห้ง (ชั่วโมง) กับข้อมูลชุดต่างๆ จะได้ภาพดังรูปที่ 4.40 และ 4.41



รูปที่ 4.40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว (นาทีก) ของการทดลองที่ 217 ถึง 234 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

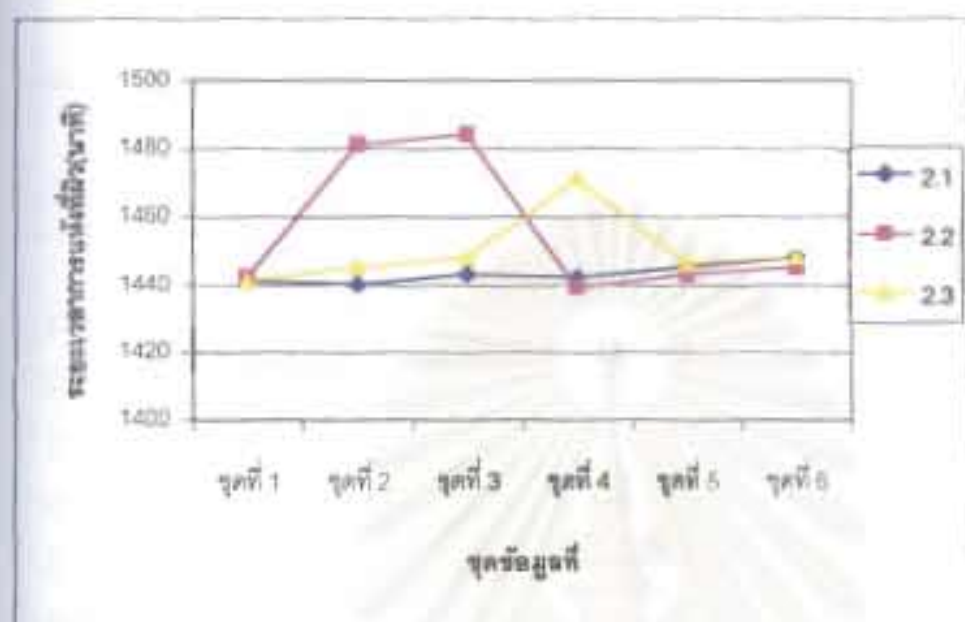


รูปที่ 4.41 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งแห้ง (ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 217 ถึง 234 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

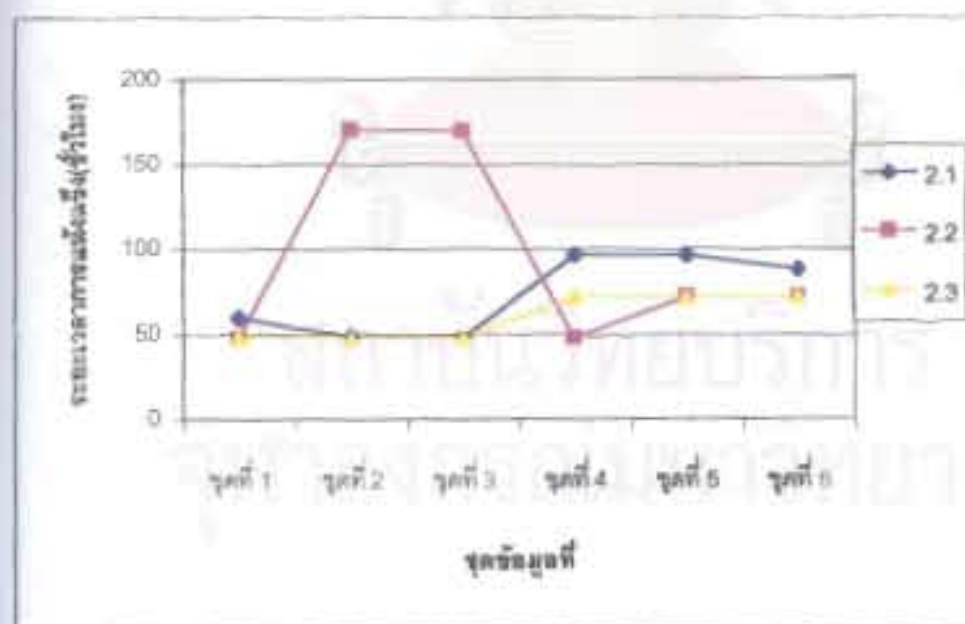
ตารางที่ 4.23 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 60 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 120 นาที ที่ $90\pm 5^{\circ}\text{C}$

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.1		
235	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1441	60.2
236	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1440	48.3
237	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1443	48.4
238	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1442	96.3
239	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1445	96.2
240	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1448	88.1
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.2		
241	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1442	48.3
242	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1481	170.4
243	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1484	169.4
244	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1439	48.2
245	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1443	72.3
246	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1445	72.4
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.3		
247	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1441	48.2
248	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1445	48
249	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1448	48.3
250	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1471	72.3
251	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1446	72.1
252	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1448	72.3

จากข้อมูลในตารางที่ 4.23 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่ผิว (นาทีก) กับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งแข็ง(ชั่วโมง)กับข้อมูลชุดต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.42 และ 4.43



รูปที่ 4.42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาทีก) ของการทดลองที่ 235 ถึง 252 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

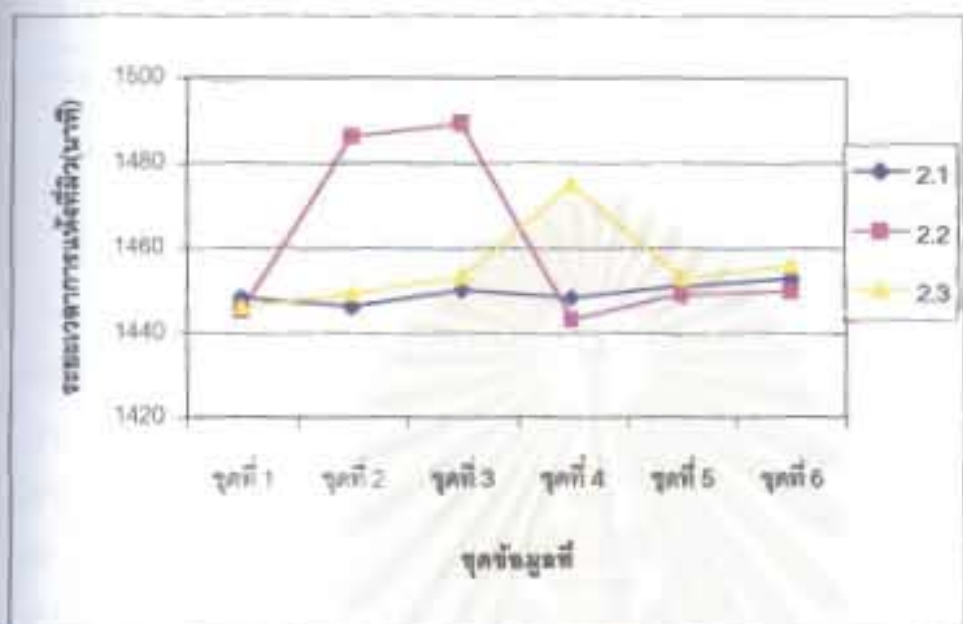


รูปที่ 4.43 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 235 ถึง 252 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

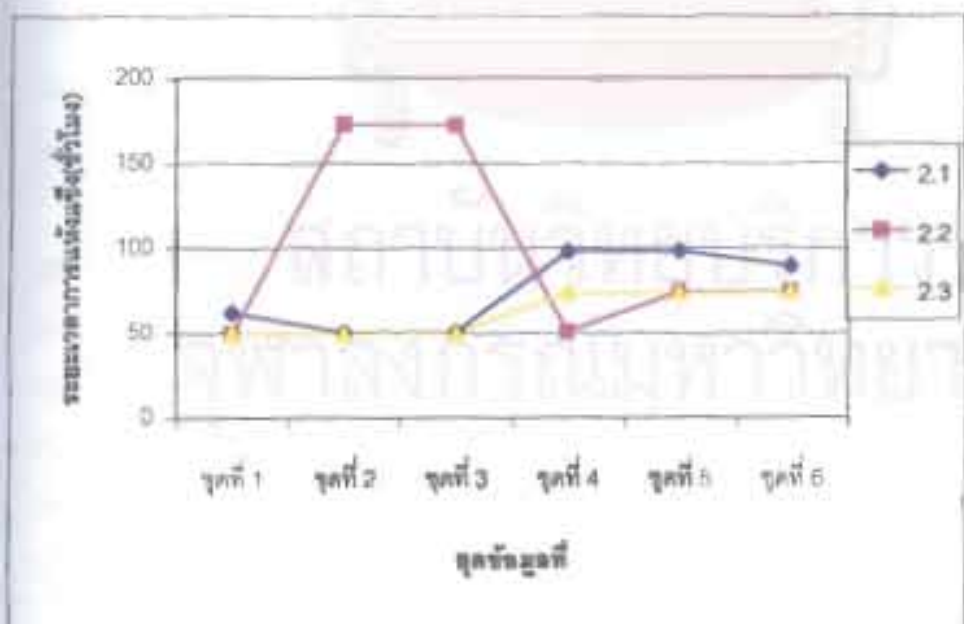
ตารางที่ 4.24 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารินิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 90 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}$ ซ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 120 นาที ที่ $90 \pm 5^{\circ}$ ซ

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.1		
253	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1448	61.7
254	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1446	50.1
255	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1450	50.2
256	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1448	97.7
257	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1451	98
258	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1453	89.3
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.2		
259	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1445	49
260	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1486	172.5
261	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1489	172
262	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1443	50.2
263	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1449	74.1
264	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1450	74.1
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.3		
265	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1446	49.4
266	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1449	49.5
267	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1453	49.5
268	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1475	73.6
269	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1453	73.4
270	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1456	74.2

จากรูปผลในตารางที่ 4.24 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่ผิว (นาที) กับข้อมูลจุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งแข็ง(ชั่วโมง) กับข้อมูลจุดต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.44 และ 4.45.



รูปที่ 4.44 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(นาที) ของการทดลองที่ 253 ถึง 270 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

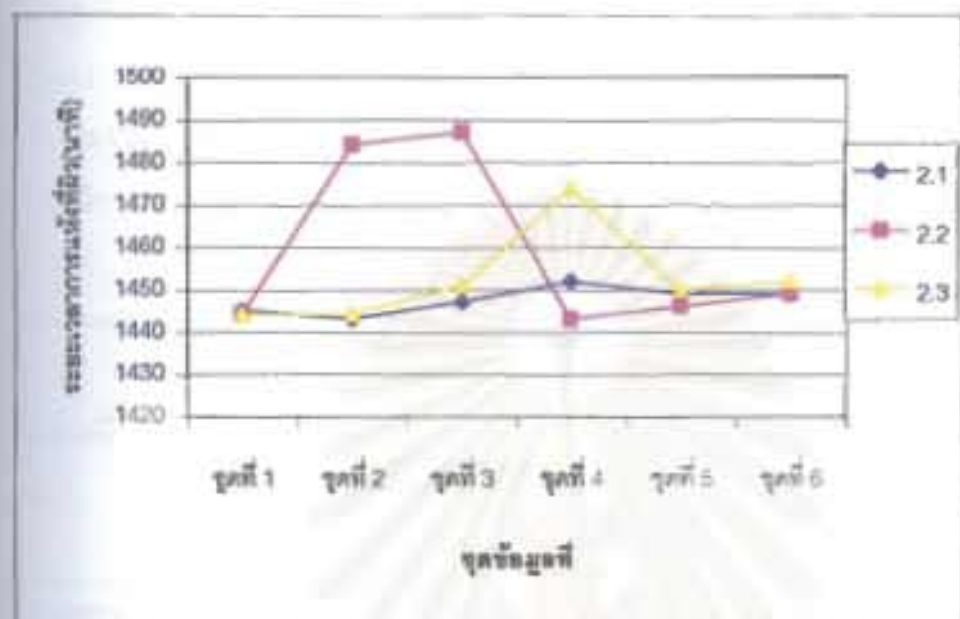


รูปที่ 4.45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง(ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 253 ถึง 270 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

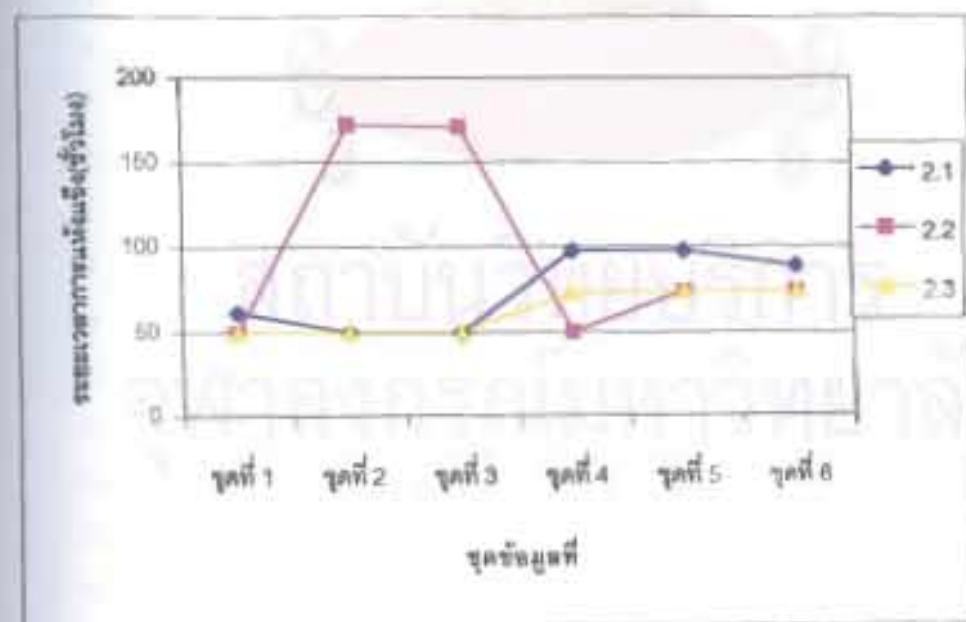
ตารางที่ 4.25 แสดงระยะเวลาการแห้งของวารัณิซพอลิยูรีเทนที่เตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยให้ความร้อนกับ CNSL และ กลีเซอริน ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 120 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ $50-60^{\circ}\text{C}$ จึงเติม TDI แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 120 นาที ที่ $90\pm 5^{\circ}\text{C}$

การทดลอง ที่	รหัส	ระยะเวลาการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(นาที)	แห้งแข็ง(ชั่วโมง)
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.1		
271	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1445	60.6
272	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1443	49.2
273	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1447	49
274	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1452	97.2
275	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1449	97.2
276	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1449	88.5
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.2		
277	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1444	48.6
278	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1484	171.7
279	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1487	170.3
280	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1443	49.3
281	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1446	73.4
282	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1449	73.6
	วิธีการตามข้อ 4.1.2.3		
283	$C_{100}G_{20}TDI_{25}$	1444	49.2
284	$C_{100}G_{25}TDI_{25}$	1444	49.4
285	$C_{100}G_{30}TDI_{25}$	1451	49.7
286	$C_{100}G_{20}TDI_{30}$	1474	73.1
287	$C_{100}G_{25}TDI_{30}$	1450	73.3
288	$C_{100}G_{30}TDI_{30}$	1452	73.7

จากข้อมูลในตารางที่ 4.25 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งที่นิเวศ (นาที) กับข้อมูลชุดต่างๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาแห้งแข็ง (ชั่วโมง) กับข้อมูลชุดต่างๆ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.46 และ 4.47



รูปที่ 4.46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งที่นิเวศ (นาที) ของการทดลองที่ 271 ถึง 288 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3



รูปที่ 4.47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลต่างๆ กับ ระยะเวลาการแห้งแข็ง (ชั่วโมง) ของการทดลองที่ 271 ถึง 288 ตามวิธีการตามข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3

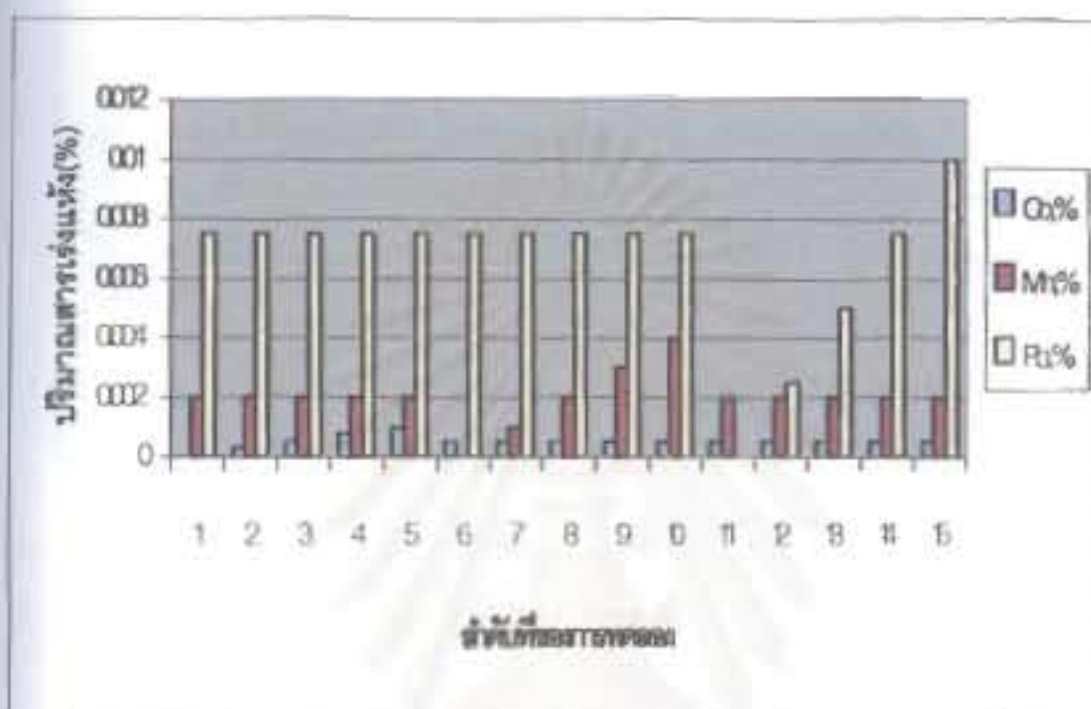
4.2 การหาปริมาณสารเร่งแห้งที่ทำให้วาร์นิชพอลิยูรีเทนแห้งเร็วที่สุด

สำหรับชุดการทดลองนี้ ทำการศึกษาการหาปริมาณสารเร่งแห้ง ที่ทำให้วาร์นิชพอลิยูรีเทนแห้งเร็วที่สุดโดยการทดลองกับวาร์นิชพอลิยูรีเทนรหัส C₁₀₀G₂₀TDI₂₅ จากการทดลองที่ 1 ในตารางที่ 4.10 ซึ่งเตรียมโดยการให้ความร้อนกับ CNSL 100 กรัม และกลีเซอริน 20 กรัม ก่อนที่ 90±5° ซ เป็นเวลา 60 นาที แล้วปล่อยให้เย็นลงมาที่ 50-60° ซ แล้วจึงเติมโทลูอีนไดไอโซไซยาเนต 25 กรัม และให้ความร้อนต่อไปอีก 60 นาที ที่ 90±5° ซ จึงหยุดให้ความร้อนแล้วนำผลิตภัณฑ์ออกจากภาชนะ ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง นำผลิตภัณฑ์มาเติมสารเร่งแห้งโดยเติมสารเร่งแห้งในปริมาณแตกต่างกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.26 พร้อมกับผลการทดลอง

ตารางที่ 4.26 แสดงระยะเวลาการแห้งของวาร์นิชพอลิยูรีเทนเมื่อใช้สารเร่งแห้งปริมาณแตกต่างกัน

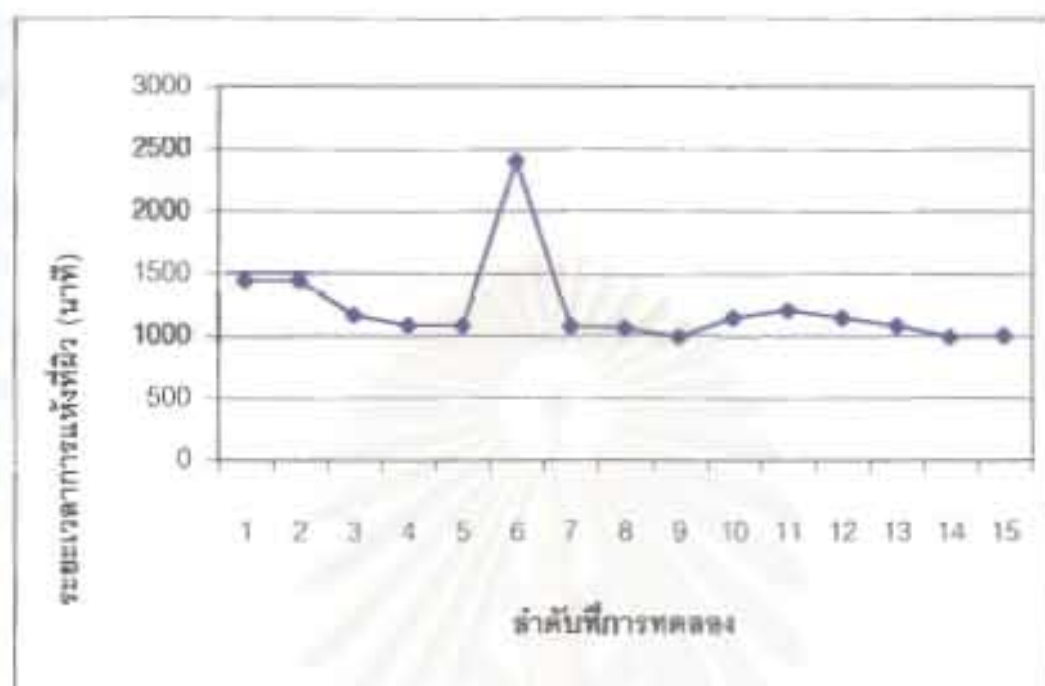
การทดลองที่	ปริมาณสารเร่งแห้ง			ระยะเวลาการแห้ง	
	Co, %	Mn, %	Pb, %	แห้งที่ผิว, นาที	แห้งแข็ง, ชั่วโมง
1	0	0.20%	0.75%	1440	60
2	0.03%	0.20%	0.75%	1440	60
3	0.05%	0.20%	0.75%	1060	42
4	0.08%	0.20%	0.75%	1080	48
5	0.10%	0.20%	0.75%	1080	44
6	0.05%	0%	0.75%	2400	55.2
7	0.05%	0.10%	0.75%	1080	52.8
8	0.05%	0.20%	0.75%	1060	42
9	0.05%	0.30%	0.75%	990	40.8
10	0.05%	0.40%	0.75%	1140	48
11	0.05%	0.30%	0%	1200	60
12	0.05%	0.30%	0.25%	1140	60
13	0.05%	0.30%	0.50%	1080	55.2
14	0.05%	0.30%	0.75%	990	40.8
15	0.05%	0.30%	1.00%	1000	48

จากข้อมูลในตารางที่ 4.26 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของการทดลอง กับปริมาณสารเร่งแห้งซึ่งประกอบด้วย % Co, % Mn, และ % Pb จะสามารถเปรียบเทียบสัดส่วนของคือ Co:Mn:Pb ได้ง่ายขึ้น ดังรูปที่ 4.48

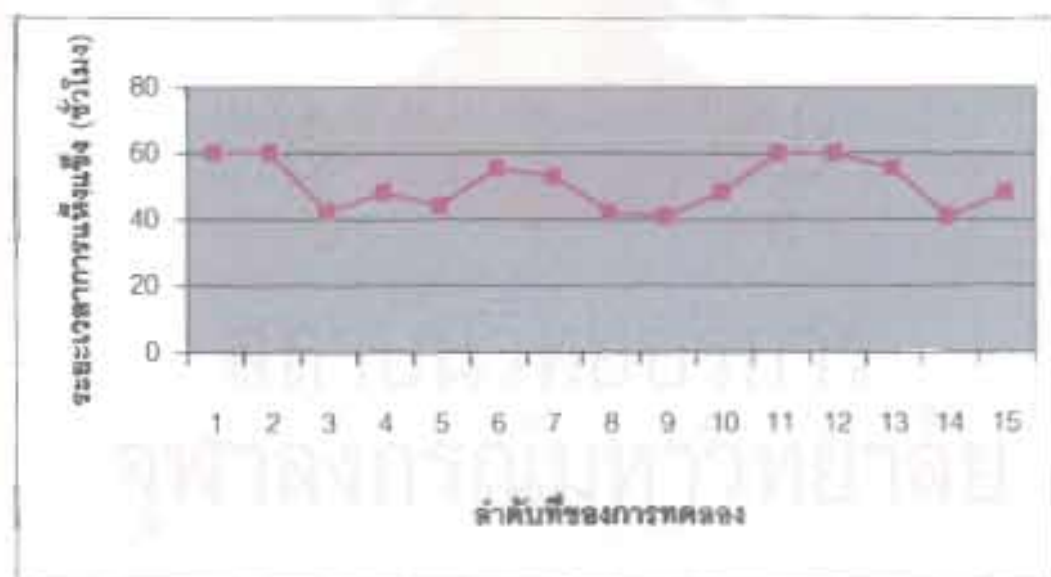


รูปที่ 4.48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของการทดลอง กับ ปริมาณสารเร่งแห้ง(%)

จากตารางที่ 4.26 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของการทดลอง กับ ระยะเวลาการแห้งที่ผิว(ชั่วโมง) และ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างลำดับที่ของการทดลอง กับ ระยะเวลาการแห้งเชิง (ชั่วโมง) ได้ดังรูปที่ 4.49 และ 4.50



รูปที่ 4.49 ระยะเวลาการแก้ที่ผิดของการทดลองทั้งหมดในงานที่ศึกษา(นาที)



รูปที่ 4.50 ระยะเวลาการแก้ที่ผิดของการทดลองทั้งหมดในงานที่ศึกษา

4.3 การทดสอบระยะเวลาการแห้งที่ผิว(ชั่วโมง) และ ระยะเวลาการแห้งแข็ง (วัน) ของวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้ โดยใช้สัดส่วนของ Co : Mn : Pb ที่ได้จากการทดลองในข้อ 4.2 ซึ่งเป็นปริมาณสัดส่วนของสารเร่งแห้งที่ทำให้วาร์นิชพอลิยูรีเทนแห้งเร็วที่สุด

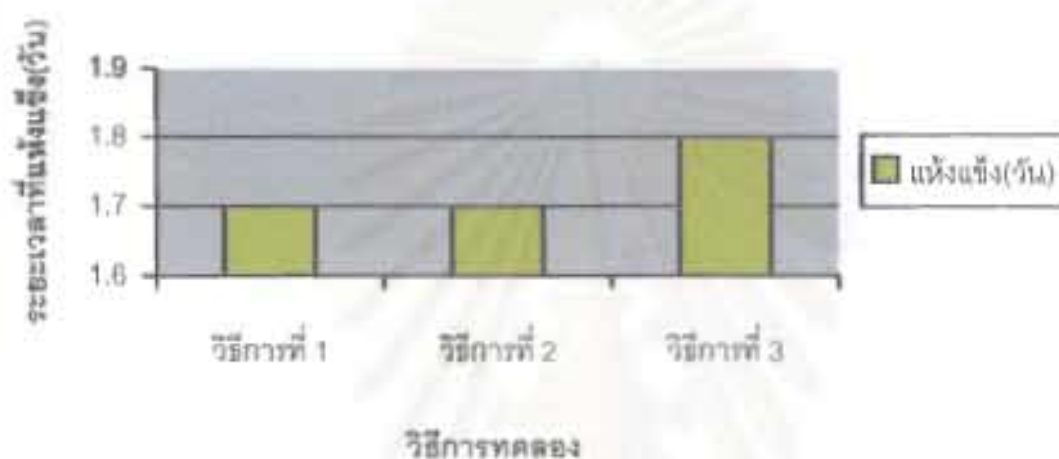
สำหรับชุดการทดลองนี้ทำการศึกษาค่าการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่อุณหภูมิแตกต่างกัน เริ่มจากเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยใช้รหัส C₁₀₀G₂₀TDI₂₅ ตามวิธีการในข้อ 4.1.2.1, 4.1.2.2 และ 4.1.2.3 ซึ่งทั้ง 3 วิธีการจะให้ความร้อนกับ CNSL และกลีเซอรินที่ 90±5°ซ เป็นเวลา 60 นาที ปล่อยให้เย็นลงมาที่ 50-60°ซ จึงเติมโทลูอีนไดไอโซไซยาเนต แล้วให้ความร้อนต่อไปอีก 60 นาที ที่ 90±5°ซ ในขั้นตอนการเติมสารเร่งแห้งจะใช้สัดส่วนของ Co : Mn : Pb คือ 0.050 % Co, 0.300% Mn, และ 0.750% Pb ที่ได้จากการทดลองในข้อ 4.2 ซึ่งเป็นปริมาณสัดส่วนของสารเร่งแห้งที่ทำให้วาร์นิชพอลิยูรีเทนแห้งเร็วที่สุด ผลการทดสอบระยะเวลาการแห้งที่ผิว(ชั่วโมง) และ ระยะเวลาการแห้งแข็ง(วัน) แสดงไว้ในตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ตารางเปรียบเทียบระยะเวลาการแห้งของวาร์นิชพอลิยูรีเทนจากการเตรียมโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่อุณหภูมิแตกต่างกัน โดยใช้สารเร่งแห้งที่ประกอบด้วย 0.050 %Co, 0.300% Mn, และ 0.750% Pb

การทดลองที่	วิธีการทดลองโดยสรุป	ระยะเวลาในการแห้ง	
		แห้งที่ผิว(ชั่วโมง)	แห้งแข็ง(วัน)
1	$\begin{array}{l} C_{100}G_{20} \xrightarrow[1\text{ ชั่วโมง}]{90\pm 5^{\circ}\text{ซ}} \text{ปล่อยให้เย็น } 50-60^{\circ}\text{ซ} \\ \text{เติม TDI}_{25} \xrightarrow[1\text{ ชั่วโมง}]{90\pm 5^{\circ}\text{ซ}} \text{ได้ผลิตภัณฑ์} \end{array}$	16.5	1.7
2	$\begin{array}{l} C_{100}G_{20} \xrightarrow[1\text{ ชั่วโมง}]{120\pm 5^{\circ}\text{ซ}} \text{ปล่อยให้เย็น } 50-60^{\circ}\text{ซ} \\ \text{เติม TDI}_{25} \xrightarrow[1\text{ ชั่วโมง}]{90\pm 5^{\circ}\text{ซ}} \text{ได้ผลิตภัณฑ์} \end{array}$	18	1.7
3	$\begin{array}{l} C_{100}G_{20} \xrightarrow[1\text{ ชั่วโมง}]{150\pm 5^{\circ}\text{ซ}} \text{ปล่อยให้เย็น } 50-60^{\circ}\text{ซ} \\ \text{เติม TDI}_{25} \xrightarrow[1\text{ ชั่วโมง}]{90\pm 5^{\circ}\text{ซ}} \text{ได้ผลิตภัณฑ์} \end{array}$	22	1.8

จากข้อมูลในตารางที่ 4.27 เมื่อนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลองกับระยะเวลาการแห้งแข็ง(วัน) และ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลองกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว(ชั่วโมง) จะได้กราฟดังรูปที่ 4.51 และ 4.52

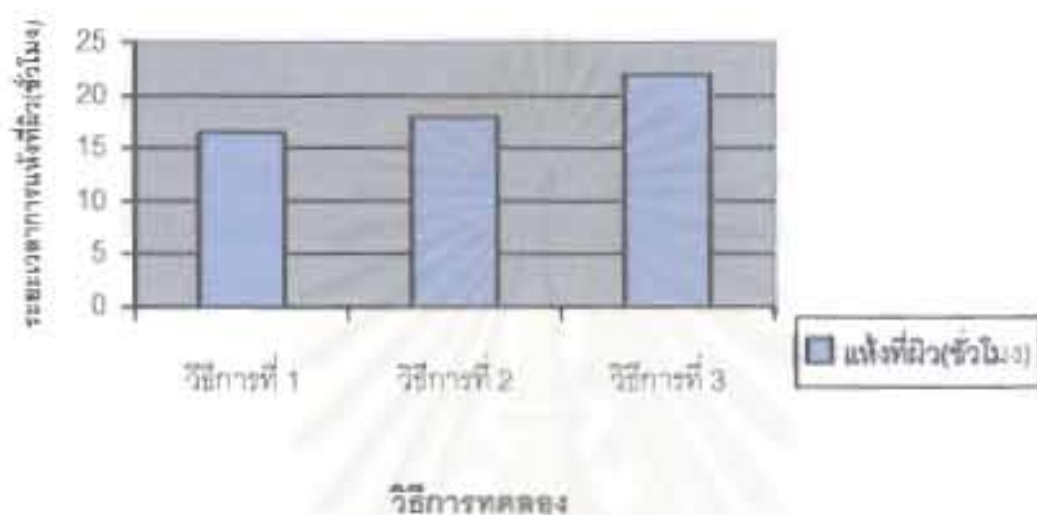
กราฟที่ เปรียบเทียบระยะเวลาการแห้งแข็ง(เป็นวัน) โดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.51 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลองกับระยะเวลาการแห้งแข็ง (วัน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กราฟที่ เปรียบเทียบระยะเวลาการแห้งที่ผิว(เป็นชั่วโมง) โดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.52 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดลองกับระยะเวลาการแห้งที่ผิว (ชั่วโมง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปและวิจารณ์ผล

5.1 การเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทน

5.1.1 การเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสม คือ การไม่ใช้ความร้อนจากภายนอกเพื่อช่วยปฏิกิริยาจากผลการทดลองตามตารางที่ 4.8, 4.9 และกราฟรูปที่ 4.14, 4.15 พบว่าการใช้ระยะเวลาในการกวนส่วนผสมที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ใช้ความร้อนจากแหล่งอื่น ควรจะใช้เวลาในการกวน 80 นาที เพราะสามารถทำให้วาร์นิชพอลิยูรีเทนมีระยะเวลาในการแห้งที่ผิว(นาที่) และระยะเวลาในการแห้งแข็ง(ชั่วโมง)น้อยที่สุด และยังพบอีกว่าส่วนผสมชนิดที่ 1 เป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด ในการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทน จึงสามารถสรุปได้ว่าการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีไม่ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมควรเตรียมโดยการใช้ส่วนผสมของ C : G : TDI เป็น 3 : 1 : 1 คือถ้าใช้ส่วนผสมของ CNSL 100 กรัม ต้องใช้กลีเซอริน 33.3 กรัม และใช้โทลูอีนไดไอโซไซยานต 33.3 กรัม ผสมลงในขวดแก้วกันแบน ติดตั้งเครื่องควบแน่น เทอร์โมมิเตอร์ และเครื่องกวน แล้วกวนส่วนผสมที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ใช้ความร้อนจากแหล่งอื่นเป็นเวลา 80 นาที และดำเนินการทดลองตามวิธีการตามข้อ 4.1.1 จากการทดลองได้วาร์นิชพอลิยูรีเทน มีระยะเวลาการแห้งเร็วที่สุดคือ แห้งที่ผิว 269 นาที และแห้งแข็ง 95.8 ชั่วโมง แต่ถ้ามีการทดสอบคุณสมบัติอื่นเพิ่มเติม ก็อาจแก้ไขคุณสมบัติที่ด้อยอยู่นี้ได้โดยการปรับปรุงสารเร่งแห้งหรือส่วนผสมของวัตถุเติม อย่างไรก็ตามการทำผลิตภัณฑ์โดยไม่ต้องใช้ความร้อนจากภายนอกมาช่วยปฏิกิริยาเช่นนี้ นอกจากจะทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าวิธีอื่นแล้ว การสร้างเครื่องมือยังทำไม่ได้ไม่ยากด้วย

5.1.2 การเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสม คือ การใช้ความร้อนจากภายนอกเพื่อช่วยปฏิกิริยาจากผลการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 4.10 ถึง 4.25 และกราฟรูปที่ 4.16 ถึง 4.47 พบว่าผลการทดลองตามตารางที่ 4.15 ดังกราฟรูปที่ 4.26 และ 4.27 จะเป็นการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสม ซึ่งจะใช้เวลาในการแห้งน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตารางและกราฟรูปอื่น ๆ จึงสามารถสรุปได้ว่า การเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสมโดยการผสม CNSL และกลีเซอรินในขวดแก้วกันแบนแล้ววางลงในเครื่องทำความร้อน ติดตั้งเครื่องควบแน่น เทอร์โมมิเตอร์ และเครื่องกวน แล้วให้ความร้อนพร้อมกับกวนส่วนผสมเป็นเวลา 60 นาที ปิดเครื่องทำความร้อนแต่ยังคงกวนส่วนผสมต่อไปจนส่วนผสมมีอุณหภูมิลดลงเป็น 50-60 องศาเซลเซียส แล้วเติมโทลูอีนไดไอโซไซยานตกวนแล้วให้ความร้อนต่อเป็นเวลา 60 นาที และดำเนินการทดลองตามวิธีการตามข้อ 4.1.2 จากการทดลอง

ได้วาร์นิชพอลิยูรีเทนมีระยะเวลาการแห้งเร็วที่สุดคือ แห้งที่ผิว 1432 นาทีและแห้งแข็ง 42 ชั่วโมง และสรุปได้ว่าสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดของ C : G : TDI คือ $C_{100}G_{20}TDI_{25}$ ถ้าจะปรับปรุงคุณสมบัตินี้ควรเปลี่ยนแปลงปริมาณสัดส่วนของ %Co, %Mn และ %Pb ของสารเร่งแห้ง

5.2 การหาปริมาณสารเร่งแห้งที่ทำให้วาร์นิชพอลิยูรีเทนแห้งเร็วที่สุด

สารเร่งแห้งจำเป็นต้องมีส่วนประกอบของ โคบอลต์ แมงกานีส และเลด เนื่องจากแต่ละตัวมีคุณสมบัติต่าง ๆ กัน และทำหน้าที่ต่างกันหากขาดตัวใดตัวหนึ่ง จะทำให้การแห้งไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร เพราะโลหะทั้งสามตัวแยกหน้าที่ในการแห้งคนละชั้นกัน กล่าวคือ โคบอลต์ทำหน้าที่ในการแห้งชั้นล่าง เลดทำหน้าที่ในการแห้งชั้นกลาง แมงกานีสทำหน้าที่ในการแห้งชั้นบน ซึ่งต้องควบคุมให้อยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ จึงจะทำให้การแห้งเป็นไปได้ดี จากตารางที่ 4.26 การทดลองที่ 1 ถึง 5 ได้ทำการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์โคบอลต์ พบว่าที่ 0.05% Co ได้ระยะเวลาการแห้งน้อยที่สุดจึงให้ 0.05% Co เป็นมาตรฐานตลอดการทดลองที่ 6 ถึง 15 และเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แมงกานีสช่วงการทดลองที่ 6 ถึง 10 พบว่าที่ 0.30% Mn ได้ระยะเวลาการแห้งน้อยที่สุดจากนั้นจึงทำการทดลองที่ 11 ถึง 15 และเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์เลด พบว่าที่ 0.75% Pb ได้ระยะเวลาการแห้งน้อยที่สุด จากตารางที่ 4.26 และกราฟรูปที่ 4.48, 4.49 และ 4.50 สรุปได้ว่าสัดส่วนของ Co : Mn : Pb ที่ทำให้วาร์นิชพอลิยูรีเทนมีระยะเวลาการแห้งเร็วที่สุดคือ แห้งที่ผิว 990 นาทีและแห้งแข็ง 40.8 ชั่วโมง เมื่อใช้ส่วนผสมของ C : G : TDI เป็น $C_{100}G_{20}TDI_{25}$ โดยให้ความร้อนเป็นสองช่วงช่วงละ 60 นาที สัดส่วนของสารเร่งแห้งที่ดีที่สุดคือ 0.050% Co, 0.300% Mn, และ 0.750% Pb

5.3 สัดส่วนของส่วนผสม สารเร่งแห้ง และ สภาวะที่ดีที่สุดในการผลิตวาร์นิชพอลิยูรีเทน

จากผลการทดลองที่ได้ศึกษามาสามารถนำมาสรุปได้ว่าวิธีที่ดีที่สุดในการผลิตวาร์นิชพอลิยูรีเทนคือวิธีให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้ส่วนผสมของ C : G : TDI เป็น $C_{100}G_{20}TDI_{25}$ สัดส่วนของสารเร่งแห้งที่ดีที่สุดคือ 0.050% Co, 0.300% Mn, และ 0.750% Pb โดยให้ความร้อนเป็นสองช่วงช่วงละ 60 นาที ที่อุณหภูมิ 90 ± 5 องศาเซลเซียส วาร์นิชที่ได้จากการทดลองมีระยะเวลาการแห้งที่ผิว 16.5 ชั่วโมง และระยะเวลาการแห้งแข็ง 40.8 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวาร์นิชตามท้องตลาดซึ่งมีค่าระยะเวลาการแห้งที่ผิว 1-1.5 ชั่วโมง และระยะเวลาการแห้งแข็ง 3 ชั่วโมง จะพบว่าวาร์นิชพอลิยูรีเทนที่ได้จากการทดลองมีระยะเวลาการแห้งนานกว่ามากเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้เป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรแต่วาร์นิชตามท้องตลาดจะเป็นพวกปิโตรเรซินเป็นส่วนมากซึ่งได้แก่ พวกบายไพร์ดคของปิโตรเลียมหรือพวกยางไม้สน ดังนั้นวาร์นิชที่ได้จากการทดลองจึงมีคุณภาพน้อยกว่าวาร์นิชตามท้องตลาด แต่วาร์นิชที่ได้จากการทดลองใช้ต้นทุนที่ต่ำกว่าวาร์นิชตามท้องตลาด ดังนั้นจึงควรพิจารณาถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์

5.4 ไอโซไซยานตโมโนเมอร์

ไอโซไซยานตโมโนเมอร์ การทดลองนี้ใช้ โทลูอินไดไอโซไซยานต(TDI) ซึ่งมีการนำเข้าไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นอยู่แล้ว การทำพอลิยูรีเทนโดยใช้ TDI จึงไม่มีปัญหาเรื่องวัตถุอันตรายนี้ แต่ไม่มีปัญหาเรื่องวิธีใช้งาน เพราะโทลูอินไดไอโซไซยานตเป็นสารพิษดังนั้นจึงต้องหาทางป้องกันมิให้ผู้ปฏิบัติงานสัมผัส ซึ่งได้แก่การใช้หน้ากากป้องกันควันพิษ การปฏิบัติงานในตู้ดูดควันและการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ สถานที่ปฏิบัติงานเนื่องจากไอโซไซยานตเป็นสารพิษจึงได้ทำการทดลองในตู้ดูดควัน แต่ตู้ดูดควันที่ใช้ยังมีประสิทธิภาพต่ำ แม้ว่าคุณทำการทดลองจะสวมหน้ากากป้องกันควันพิษแล้วก็มีบางส่วนของสาร ระเหยออกมาได้ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ทำการทดลอง การดำเนินงานในเรื่องนี้จึงต้องยุติลงโดยมีผลการทดลองดังในรายงานนี้

5.5 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองในส่วนที่หนึ่งเป็นการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม และ สัดส่วนที่ดีที่สุดในการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทน ซึ่งจะสามารถทำให้ได้วาร์นิชพอลิยูรีเทนที่แห้งได้เร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด

ในส่วนที่สองของการทดลอง จะเป็นการหาสัดส่วนที่ดีที่สุดของปริมาณส่วนประกอบในสารเร่งแห้งซึ่งเป็นสารที่ใช้ในปริมาณเล็กน้อยผสมลงในน้ำมันชักแห้ง สี หรือวาร์นิช เพื่อลดเวลาการแห้งที่อุณหภูมิธรรมดา มักจะเป็นพวกสารประกอบของโคบอลต์ แมงกานีส และตะกั่ว จากการทดลองหา %Co, %Mn และ %Pb สัดส่วนที่ได้ในส่วนที่สองนี้จะทำให้ได้สารเร่งแห้งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดที่จะทำให้วาร์นิชพอลิยูรีเทนแห้งได้อย่างรวดเร็ว

ในส่วนที่สามจะเป็นการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนโดยวิธีการให้ความร้อนแก่ส่วนผสม โดยใช้สัดส่วนของสารเร่งแห้งที่ได้จากการทดลองในส่วนที่สอง และใช้ตัวอย่างของส่วนผสมที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองในส่วนที่หนึ่ง มาทำการทดลองหาระยะเวลาการแห้งซึ่งจะพบว่า การให้อุณหภูมิแก่ CNSL และ กลีเซอรินก่อนที่ 90 ± 5 องศาเซลเซียส จะเป็นการเตรียมวาร์นิชที่ใช้พลังงานความร้อนน้อยกว่าและ แห้งเร็วกว่าเมื่อเทียบกับอุณหภูมิอื่นๆ

จากข้อมูลการทดลองการเตรียมวาร์นิชพอลิยูรีเทนในระดับห้องปฏิบัติการ ทั้งสามส่วนที่ผ่านมาทำให้มีความรู้ถึงสภาวะที่เหมาะสมซึ่งได้แก่ ระยะเวลาในการกวน อุณหภูมิในการให้ความร้อน และสัดส่วนที่เหมาะสมซึ่งได้แก่ สัดส่วนของส่วนผสม สัดส่วนของส่วนประกอบในสารเร่งแห้ง จนสามารถผลิตวาร์นิชพอลิยูรีเทนได้อย่างประหยัดต้นทุน และได้วาร์นิชพอลิยูรีเทนที่มีคุณภาพ ซึ่งผู้ทำการวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะสามารถเป็นประโยชน์ในการออกแบบงานวิจัย เพื่อผลิตวาร์นิชพอลิยูรีเทนในระดับอุตสาหกรรมได้

ข้อเสนอแนะ

การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการควรมีการจัดสร้างตู้ดูดควันที่มีประสิทธิภาพดี เพราะสารเคมีที่ใช้ในการทดลองคือ ไทลูนไดไฮโดรไซยานเนตเป็นสารพิษที่ระเหยได้ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน และวัตถุดับที่ใช้คือ CNSL เป็นวัตถุดับที่มีอันตรายต่อผิวหนัง จึงควรมีการป้องกันเมื่อจะใช้วัตถุดับดังกล่าวในการทดลองเป็นอย่างดี

การดำเนินการทดลองโดยการไม่ใช้ความร้อนจากภายนอกเพื่อช่วยปฏิกิริยาพร้อมกับการปรับปรุงส่วนผสมของ C : G : TDI และปริมาณสารเร่งแห้งจะสามารถทำให้การเตรียมวารนิชพอลิยูรีเทนมีคุณภาพมากยิ่งขึ้นและทดสอบสมบัติต่อไปนี้คือ ระยะเวลาการแห้ง ความติดแน่น ความงอได้เมื่อตัดโค้ง ความทนต่อการขีดขีด และความทนต่อสารเคมี เพื่อเป็นแนวทางประกอบการพิจารณาใช้งานและประเมินคุณค่าของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ราชการอ้างอิง

1. วิทยาศาสตร์บริการ, กรม. 2539. ประโยชน์ของมะม่วงหิมพานต์. ฉ.92(มค.23)2-9.
2. วิทยาศาสตร์บริการ, กรม.2540. ประโยชน์ของน้ำมันจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์. ฉ.99(พค.25) 9-10.
3. พิมพ์, ศรีฉัตรภิมุข. 2528. ตำราเครื่องสำอาง เครื่องสำอางสำหรับผิวหน้า. ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 212 – 217 หน้า.
4. มะม่วงหิมพานต์. เอกสารวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย, 1(2524) 1-146.
5. วรากรณ์, สุวกุล. 2527. อิมัลชัน พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 279 หน้า.
6. สมสันต์, วงษ์ภักดี. มะม่วงหิมพานต์. ว.ตราไปรษณียากร , 17 , 2 (กย. 29) 25.
7. อุบลทิพย์, มิมนานิตย์. 2531. ครีม. ภาควิชาเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 268 หน้า.
8. อภิญญา, มโนสร้อย และ จีระเดช, มโนสร้อย. 2527 - 2528. คู่มือปฏิบัติการวิชาเครื่องสำอาง 1. ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 139 หน้า.
9. อรัญญา, มโนสร้อย. 2522. เครื่องสำอางเล่ม1. ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 404 หน้า.
10. รัตนกุดั่น, วิไลรัตน์. 2527. โพลีเมอร์ไรเซชันของกรดอนาคาลิกในน้ำมันจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
11. Adawadkar-PD, et al. Analouges of poison ivy urushiol. Synthesis and biological activity of disubstituted n-alkylbenzenes , J. Med. Chem [JOF] 1986 May; 29Z5X; P_606-611.
12. AGARWAL, B. (Undated). A Treatise on Varnish Techoology and Manufacture. (SBP Chemical Engineering Series No. 64, New Dehi:Small Business Publioations .

13. AJMANT, G.M. (1952). Use of cashew nut shell liquid in coatings industry.
Paintindia : 18 – 19.
14. BASF WYANDOTTE CORPORATTON. Undated. BASF Techical Bulletin.
Urethane Chemicals(Toluene diisocyanate TDI). (New Jersey: 100 Cherry
Hill Road, Parsippany.
15. CORNELTUS , J.A. (1966). Cashew nut shell liquid and related materials.
Tropical Science. 8(2) : 79 – 84.
16. DOMBROW, BERNARD A. 1965. Polyurethane. 2 nd edition, p.190 –
191. New York: Reinhold Publishing Corporation.
17. Gonsalves, A. MD. 'A. Rocha and ANA Maria B.S. R. C. Santos Costa,
Chromatography of cashew nut-shell liquid, J. Chromatography; 104 (1975) ,
pp. 225-227.
18. Hammonds, T.W. The distribution of cashew nut-shell liquid type compounds in
the casshew plant, Tropical Science, 19(3) ;1977; pp. 155-159.
19. Jzzo, Patrick T. and Charles R. Dawson. Cashew nut-shell liquid. The olefinic
nature of Anacardic acid , J. Org. Chem, 14 ;1949; pp. 1039-1047.
20. Lepoittevin Jp, Benezra-C, Asakawa-y; Allergic contact dermatitis to Ginkgo
biloba L. :relationship with urushiol, Arch Dermatol Res [6 x 7] 1989: 281(4);
pp. 227-30.
21. Martens, Charles R. 1968. Technology of Paints, Varnishes and Lacquers. p.
205 – 219. New York :Reinhold Book Corporattion.
22. Murthy, B. G. K , et al. Identification of some naturally occurring Alkyl-
phenols in cashew nut-shell liquid by chromatographic techniques, J.
chromatogr substituted. 32(3); 1982: pp. 519-528.
23. rajapakse, r.a., gunatillake, p.a. and wijekoon, k.b. (1977). The
Preliminary study on processing of cashew – nuts and production of cashew –
cnut shell liquid (CNSL) on a commercial scale in Sri Lanka.

J.nath.Sci.Coun. 5(2) : 117 –124.

24. saunders, j.h. and frisch, k.c. 1964. Polyurethanes : Chemistry and Technology. "Part I". Chemistry. New York :John wiley and Sones.
25. saunders, j.h. and frisch, k.c. 1964. Polyurethanes : Chemistry and Technology. "Part II". Technology.p. 453-587. New York :John wiley and Sones.
26. Sletzinger, Dawson. The structure of the alkenyl side chain, J. Org. Chem., 14: 1949: pp. 670-849.
27. Tyman, J.H.P. The polymeric material in the unsaturated phenols of *Anacardium occidentale*, J. Chromatogr. , 156(2) : 1976: pp. 255-66.
28. Tyman, J.H.P. Quantitative analysis of the phenolic composition of natural cashew, nut-shell liquid (*Anacardium occidentale*) by thin-layer chromatography, Densitometry and Ultraviolet spectrophotometry , J. Chromatogr., 166(1) ; 1978: pp. 159-72.
29. Tyman, J.H.P., V. Tychopoulos and P. Chan. Quantitative Analysis of natural cashew nut-shell liquid (*Anacardium occidentale*) by High-performance liquid chromatography, J. Chromatogr., 303 ;1984: pp. 137-150.
30. Tyman, J.H.P., R. A. Johnson, M. Muir and R. Rokhgar. The extraction of natural cashew nut-shell liquid from the cashew nut (*Anacardium occidentale*) , JAOCS, 66(4) April 1989 : pp. 553-557.
31. Yamada, S. 1961. Method of preparing polyurethane by reaction of cashew nut shell liquid polymer with polyisocyanates. Japanese Patent 26 D O (24 B 3).

ภาคผนวก ก

วิธีการหาความหนืดตาม

มอก.285 เล่ม 14-2524

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานนี้กำหนด วิธีหาความหนืดของสี วาร์นิช และวัสดุที่เกี่ยวข้องตามความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

2. การชักตัวอย่าง

- 2.1 ชักตัวอย่างตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบสี วาร์นิชและวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่มที่ 1 การชักตัวอย่าง มาตรฐานเลขที่ มอก.285 เล่ม 1 แล้วตรวจสอบและเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบสี วาร์นิชและวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม 2

3. การทดสอบ

การหาความหนืดวิธีต่อไปนี้ กำหนดตามความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

- 3.1 การหาโดยใช้เครื่องวัดความหนืดแบบสตอร์เมอร์ (Stormer viscometer)
วิธีนี้เป็นวิธีหาความหนืดของผลิตภัณฑ์ โดยที่ค่าความหนืดแสดงโดยน้ำหนักเป็นกรัมที่ต้องใช้เพื่อให้เกิดอัตราแรงเฉือน (rate of shear) ตามที่กำหนด
- 3.1.1 เครื่องมือ
- 3.1.1.1 เครื่องวัดความหนืดแบบสตอร์เมอร์และมีใบพัดดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 การติดตั้งเครื่องกำหนดอัตราการหมุน (stroboscopic timer) การทำงานของเครื่องกำหนดอัตราการหมุนนี้สามารถถอดออกได้เมื่อต้องการใช้เครื่องวัด โดยไม่คำนึงถึงความเร็วและความถูกต้องแน่นอนมากนัก การทดสอบเทียบระหว่างเครื่องวัดสองเครื่องนี้อาจทำได้โดยการหาน้ำหนักเป็นกรัมที่ใช้ในการเกิดอัตราแรงเฉือน 200 รอบต่อนาที

เดิม ถ้าแถบเคลื่อนไปในทิศเดียวกับกับการหมุนของใบพัด แสดงว่าความเร็วเกินกว่า 200 รอบต่อนาที ให้น้ำหนักออก ในทางตรงกันข้าม ถ้าแถบเคลื่อนไปในทิศทางตรงข้ามกับการหมุนของใบพัด แสดงว่าความเร็วน้อยกว่า 200 รอบต่อนาที โดยให้เพิ่มปริมาณน้ำหนักเข้าไปอีก ให้ทดสอบซ้ำจนกว่าจะได้ผลการทดสอบใกล้เคียงกัน

หมายเหตุ นอกจากเครื่องกำหนดอัตราการหมุนแบบ 200 รอบต่อนาทีแล้ว ยังมีแบบอื่น ๆ อีกสำหรับแบบ 200 รอบต่อนาทีนี้ควรสอบเทียบก่อนใช้ทดสอบทุกครั้ง

3.1.3 การรายงานผล

3.1.3.1 วิธี ก.

ให้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างเวลาที่ใช้ในการหมุนใบพัด 100 รอบ เป็นวินาทีกับน้ำหนักเป็นกรัมแล้วรายงานความหนืดเป็นน้ำหนักเป็นกรัมที่ต้องใช้เพื่อให้ใบพัดหมุนได้ 100 รอบในเวลา 30 วินาทีที่เท่านี้หรืออาจอ่านจากกราฟหรือหาจากการทดสอบโดยการอินเตอร์โพลิต (interpolation) ตามตารางที่ 1

3.1.3.2 วิธี ข.

รายงานความหนืดเป็นน้ำหนักเป็นกรัมที่ใช้ในการทำให้ใบพัดหมุนได้ 200รอบต่อนาที

3.2 การหาโดยใช้เครื่องวัดความหนืดของฟอร์ต

ให้เลือกถ้วยหมายเลข 2 หมายเลข 3 หรือหมายเลข 4 เพื่อให้ได้ช่วงเวลาการไหลของผลิตภัณฑ์ออกจากถ้วยอยู่ระหว่าง 20 ถึง 100 วินาที ถ้าเวลาผิดไปจากนี้จะควบคุมอุณหภูมิให้แน่นอนได้ลำบาก ผลิตภัณฑ์ลักษณะแข็งเบนไปจากนิวโตเนียน อาจทำให้ผลการทดสอบหลายๆครั้งได้ผลต่างต่างกันไปมากเนื่องจากยากแก่การตัดสินการหยุดไหลของผลิตภัณฑ์

3.2.3 การทดสอบ

3.2.3.2 การวัดโดยใช้ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ตทุกครั้ง ให้กระทำที่อุณหภูมิ 25 ± 0.1 องศาเซลเซียสและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างทดสอบจะต้องไม่เกิน 0.1 องศาเซลเซียสเมื่อใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดของเหลวที่ไหลออกมา

หมายเหตุเนื่องจากไม่สามารถกำหนดได้ว่า ค่าของความหนืดของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนเท่าไรเมื่อมีอุณหภูมิ ความหนืดอาจเปลี่ยนน้อยกว่าร้อยละ 1 ต่อองศาเซลเซียสสำหรับของเหลวบางอย่างในขณะที่เดียวกัน อาจเปลี่ยนมากสำหรับของเหลวบางอย่าง

3.2.1.2 ให้ห้องทดสอบที่ไม่มีลมโกรก และอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงรวดเร็ว ในการทดสอบที่ต้องการความถูกต้องมาก อุณหภูมิห้องควมอยู่ระหว่าง 20 ถึง 30 องศาเซลเซียส

ต้องการความถูกต้องมาก คุณหนุมิห้องความอยู่ระหว่าง 20 ถึง 30 องศาเซลเซียส สำหรับการทดสอบโดยทั่วไปควรทดสอบที่คุณหนุมิเหนือจุดน้ำค้างของบรรยากาศรอบเครื่องมือ

3.2.6 การรายงานผล

ต้องแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

- (1) เวลาที่ตัวอย่างไหลออกจากถ้วยละเอียดถึง 0.2 วินาที พร้อมทั้งระบุหมายเลขของถ้วย เช่น ความหนืด 23.2 วินาที ใช้ถ้วยฟอร์มหมายเลข 4
- (2) คุณหนุมิของตัวอย่างเมื่อไหลออกจากท่อ
- (3) ระยะเวลาการเขย่าและพักก่อนหาความหนืด

3.2.7 การทดสอบซ้ำ (repetability)

ผลต่างของผลทดสอบทั้งสองครั้งโดยผู้ทดสอบคนเดียวกันในช่วงเวลาห่างกันไม่มากนัก ใช้เครื่องมือทดสอบเดียวกันภายใต้สภาวะทดสอบที่คงที่และใช้ตัวอย่างทดสอบเดียวกันจะต้องไม่เกินร้อยละ 5

3.2.8 ผลทดสอบเปรียบเทียบ (reproducibility)

ผลต่างระหว่างผลทดสอบตัวอย่างเดียวกันที่ได้จากผู้ทดสอบและห้องปฏิบัติการต่างกัน ต้องไม่เกินร้อยละ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

วิธีการหาระยะเวลาการแห้งแข็ง

ตาม มอก.285 เล่ม 10-2524

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานนี้กำหนด วิธีทดสอบการแห้งแข็งบนแผ่นทดสอบของผิวเคลือบสี หรือวารนิช ซึ่งแห้งได้เองในอากาศ หรือโดยการทำปฏิกิริยาเคมีขององค์ประกอบของสีหรือวารนิช (ไม่ควรใช้วิธีนี้ทดสอบจนกว่าผิวเคลือบสีจะอยู่ในภาวะแห้งแข็งคือ เมื่อใช้เครื่องทดสอบ หัวกด (plunger) จะไม่ทำให้เกิดรอย จะไม่ทำให้เกิดรอยซึ่งคืนสู่สภาพเดิมได้อีก)
- 1.2 วิธีทดสอบนี้อาจปฏิบัติได้สองลักษณะ คือ
 - 1.2.1 ทดสอบว่าการแห้งแข็งนั้นเป็นไปตามระยะเวลาที่กำหนดหรือไม่
 - 1.2.2 ทดสอบหาระยะเวลาการแห้งที่ผิวเป็นระยะ ๆ จนกระทั่งถึงเวลาแห้งแข็ง

2. เครื่องมือ

- 2.1 ใช้เครื่องมือ ซึ่งประกอบด้วย
 - 2.1.1 หัวกดปลายตัวกดหนา 6 มิลลิเมตร ทำด้วยยางธรรมชาติที่มีความแข็ง 50 ถึง 60 IRHD และมีก้อนน้ำหนักรวมทับ เพื่อทำให้น้ำหนักทั้งหมดของหัวกดเป็น 1.8 กก. ปลายหัวกดส่วนที่เป็นยางนี้หุ้มด้วยผ้าฝ้ายลายสอง 3 x 1 ที่มีน้ำหนัก 240 ± 40 กรัมต่อตารางเมตร ที่ทำด้วยด้ายยืนทั้งหมด 200 เส้น และด้ายพุ่ง 108 เส้นต่อ 5 เซนติเมตร โดยใช้ที่หนีบหนีบผ้าไว้ให้ตึงไม่มีรอยพับหรือรอยยับ เมื่อทดสอบเสร็จ ให้เปลี่ยนผ้าใหม่ทุกครั้ง
 - 2.1.2 กลไกทางไฟฟ้าสำหรับหมุนหัวกดประกอบด้วยลูกเบี้ยว (camdevice) ที่หมุนด้วยความเร็วประมาณ 6 รอบต่อนาทีทำหน้าที่โดยอัตโนมัติคือเมื่อลูกเบี้ยวเริ่มหมุนจะเคลื่อนหัวกดลงบนแผ่นทดสอบ(ต้องระวังให้น้ำผ้าขนานกับแผ่นทดสอบตลอดเวลา) และดึงหัวกดขึ้นหลังจากหมุนไปเป็นมุมประมาณ 270 องศาขณะที่สัมผัสกับผิวเคลือบสีแล้ว

3.การชักตัวอย่าง

- 3.1 ชักตัวอย่างตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบสี วารันิชและวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม 1 การชักตัวอย่าง มาตรฐานเลขที่ มอก.285 เล่ม 1 แล้วตรวจสอบและเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรมวิธีการทดสอบสี วารันิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม 2 การตรวจและการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบมาตรฐานเลขที่ มอก.285 เล่ม 2

4.แผ่นทดสอบ

- 4.1 แผ่นทดสอบและการเตรียม
- นอกจากจะกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น แผ่นทดสอบจะต้องเป็นแผ่นแก้ว แผ่น เหล็ก เคลือบ ดีบุก หรือแผ่นอลูมิเนียมที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบ สีวารันิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม 3 แผ่นทดสอบและการเตรียมมาตรฐานเลขที่ มอก.285 เล่มที่3สำหรับการเตรียมแผ่นทดสอบให้เตรียมตามวิธีในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีการทดสอบสี วารันิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม 3 นี้ด้วย โดยใช้แผ่นทดสอบขนาด ประมาณ 150 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร
- 4.2 การเคลือบผลิตภัณฑ์บนแผ่นทดสอบ
- 4.2.1 ในกรณีที่ทำเป็นให้เคลือบสีรองพื้น และ/หรือสีชั้นล่าง แล้วทิ้งไว้ให้แห้งสนิทหรือตามเวลาที่กำหนด ก่อนเคลือบผลิตภัณฑ์สำหรับทดสอบ
- 4.2.2 เคลือบผลิตภัณฑ์สำหรับทดสอบบนแผ่นทดสอบตามวิธีที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบสี วารันิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่มที่ 4 การเคลือบมาตรฐานเลขที่ มอก.285 เล่ม 4 หรือตามวิธีที่กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

5.วิธีทดสอบ

- 5.1 การทำให้แผ่นทดสอบแห้ง
- ทิ้งแผ่นทดสอบที่เคลือบตัวอย่างแล้วให้แห้งโดยวางไว้ในแนวตั้งในที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้ และไม่ให้อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 5 นอกจากกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

- 5.2.1 หลังจากเวลาที่กำหนดแล้ว วางชั้นทดสอบไว้ใต้ห้วกดให้ผิวเคลือบอยู่ด้านบน เริ่มทดสอบโดยเปิดสวิตช์ห้วกดจะหมุนเคลื่อนลงมาบนแผ่นทดสอบ หลังจากห้วกดเคลื่อนกลับไปทีเดิมแล้ว นำชั้นทดสอบออกมาพิจารณา
- 5.2.2 ตรวจดูพื้นผิวเคลือบด้วยตาผิวเคลือบจะแห้งแข็งถ้าผิวไม่หลุดจนเห็นพื้นแผ่นทดสอบ
- 5.3 วิธีทดสอบหาระยะเวลาแห้งแข็ง
- หลังจากทิ้งแผ่นทดสอบให้แห้งตามวิธีข้อ 5.1 ก่อนเวลาที่คาดว่าผิวเคลือบจะแห้งแข็ง ให้เริ่มทดสอบ ตามข้อ 5.2 เป็นระยะ ๆ ในช่วงเวลาที่เหมาะสม จนกระทั่งผิวเคลือบเกิดการแห้งแข็ง บันทึกเวลาตั้งแต่เคลือบจนถึงเมื่อผิวเคลือบแห้งแข็ง

6. การรายงานผล

- 6.1 รายงานผลการทดสอบจะต้องแสดงข้อความดังต่อไปนี้
- (1) เอกสารอ้างอิงฉบับนี้
 - (2) ชนิดและตัวอย่างแบบทดสอบ
 - (3) รายการข้อมูลต่างๆ
 - (4) ข้อแตกต่างอื่น ๆ นอกเหนือไปจากมาตรฐานนี้
 - (5) ผลการทดสอบรายงานเป็น
 - การแห้งแข็งเป็นไปตามเวลาที่กำหนดหรือไม่
 - ระยะเวลาแห้งแข็ง
 - (6) วันที่ทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การหาระยะเวลาการแห้งที่ผิว ตาม มอก.285 เล่ม 9-2524

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานนี้กำหนด วิธีทดสอบ ของผิวเคลือบสีหรือวาร์นิชซึ่งแห้งได้เองในอากาศ หรือโดยการทำปฏิกิริยาเคมีขององค์ประกอบของสีหรือวาร์นิช
- 1.2 วิธีทดสอบนี้อาจปฏิบัติได้สองลักษณะ คือ
 - 1.2.1 ทดสอบว่าการแห้งที่ผิวเคลือบนั้นเป็นไปตามเวลาที่กำหนดหรือไม่
 - 1.2.2 ทดสอบการหาระยะเวลาแห้งที่ผิวเป็นระยะๆจนกระทั่งเกิดการแห้งที่ผิว
- 1.3 วิธีทดสอบนี้ห้ามใช้ทดสอบกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องอบ

2. บทนิยาม

ตามความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 ลักษณะแห้งที่ผิว (surface-drying state) หมายถึง ลักษณะของผิวเคลือบสีหรือวาร์นิช ในขณะหนึ่งๆ เช่น แห้งที่ผิวหรือไม่แห้ง
- 2.2 การแห้งที่ผิว หมายถึง ลักษณะแห้งที่ผิวของผิวเคลือบสีหรือวาร์นิชเมื่อสามารถปิดลูกแก้ว ออกจากย่อยๆโดยไม่ทำลายผิวเคลือบ
- 2.3 ระยะเวลาที่แห้งที่ผิว หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่เคลือบสีหรือวาร์นิชลงบนแผ่นทดสอบที่ เตรียมไว้จนถึงเมื่อผิวเคลือบแห้งที่ผิวตามวิธีทดสอบที่กำหนดไว้ในข้อ 7.

3. เครื่องมือ

- 3.1 ลูกแก้วกลมเล็กใส(ballotini)
เป็นลูกแก้วสำหรับใช้ในทางอุตสาหกรรม ที่สามารถผ่านแรงขนาด 250 ไมโครเมตร ได้
หมดแต่ไม่สามารถผ่านแรงขนาด 125 ไมโครเมตร
- 3.2 แปลงขนอ่อน
- 3.3 นาฬิกาจับเวลา

4. การชักตัวอย่าง

- 4.1 ชักตัวอย่างตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบสี วารันิชและวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม 1 การชักตัวอย่าง มาตรฐานเลขที่ มอก.285 เล่ม 1 แล้วตรวจสอบเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสี วารันิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม 2 การตรวจสอบและการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบมาตรฐานเลขที่ มอก.285 เล่ม 2

5. แผ่นทดสอบ

- 5.1 แผ่นทดสอบและการเตรียม
- นอกจากจะกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น แผ่นทดสอบจะต้องเป็น แผ่นแก้ว แผ่นเหล็กเคลือบ ดีบุก หรือแผ่นอลูมิเนียม ที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสี วารันิชและวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม 3 แผ่นทดสอบการเตรียม มาตรฐานเลขที่ มอก.285 เล่ม 3 สำหรับการเตรียมแผ่นทดสอบให้เตรียมตามวิธี ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบสี วารันิชและวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม 3 นี้ด้วย
- 5.2 การเคลือบผลิตภัณฑ์ลงบนแผ่นทดสอบ
- 5.2.1 ในกรณีที่จำเป็นให้เคลือบสีรองพื้น และ/หรือสีชั้นล่างแล้วทิ้งไว้ให้แห้งสนิท (ตามวิธีทดสอบข้อ 6.1) หรือตามเวลาที่กำหนดก่อนเคลือบผลิตภัณฑ์สำหรับทดสอบ
- 5.2.2 เคลือบผลิตภัณฑ์สำหรับทดสอบลงบนแผ่นทดสอบ ตามวิธีที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมทดสอบสี วารันิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม 4 การเคลือบมาตรฐาน เลขที่ มอก.285 เล่ม 4 หรือตามวิธีกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

6. วิธีทดสอบ:

- 6.1 การทำให้แผ่นทดสอบแห้ง
- ทิ้งแผ่นทดสอบที่เคลือบตัวอย่างแล้วให้แห้งโดยวางไว้ในแนวตั้งในที่อากาศถ่ายเทได้ และไม่ให้อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 5 นอกจากจะกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น
- 6.2 วิธีทดสอบการแห้งที่ผิวหลังจากเวลากำหนด
- 6.2.1 หลังจากเวลาที่กำหนดแล้ว วางแผ่นทดสอบในแนวนอน
- 6.2.2 เทลูกแก้ว (ข้อ 3.1) ประมาณ 0.5 กรัม ลงบนผิวจากกระยะสูง 150 มิลลิเมตร

หมายเหตุการทดสอบแก้วที่สะดวกทำได้โดยเทลงในท่อแก้วขนาดความยาวพอประมาณ และมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 25 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันการกระจายของ ลูกแก้วมากเกินไปและสามารถทำการทดสอบบริเวณอื่นๆ ของแผ่นทดสอบเดียวกัน ถ้าจำเป็น

- 6.2.3 หลังจากเวลา 10 วินาที ถี้อแผ่นทดสอบเฉียงทำมุม 20 องศากับแนวนอนแล้วใช้ แปลงปิดลูกแก้วเบาๆ
- 6.2.4 ตรวจดูพื้นเคลือบด้วยตาถ้าสามารถปิดลูกแก้วออกโดยไม่ทำให้ผิวเสียหายเคลือบนั้น จะแห้งที่ผิว
- 6.3 วิธีทดสอบหาระยะเวลาแห้งที่ผิว
เตรียมแผ่นทดสอบที่เคลือบผิวแล้วจำนวนหนึ่งตามวิธีที่กำหนดในข้อ 5. แล้วทิ้งไว้ ให้แห้งตามข้อ 6.1 ก่อนเวลาที่คาดว่าผิวเคลือบจะแห้งที่ผิว ให้เริ่มทดสอบตามข้อ 6.2 เป็นระยะๆ ในช่วงเวลาที่เหมาะสมจนกระทั่งผิวเคลือบเกิดการแห้งที่ผิวใช้แผ่น ทดสอบใหม่ทุกครั้งทดสอบ (หรือในแผ่นทดสอบเดียวกันตรงบริเวณที่ยังไม่ถูกสัมผัส ถ้าใช้ท่อแก้ว ตามหมายเหตุในข้อ 6.2.2) บันทึกเวลาตั้งแต่เคลือบจนถึงเมื่อผิว เคลือบแห้งที่ผิว
- 6.4 การหาความหนาของผิวเคลือบ
การหาความหนาของผิวเคลือบที่แห้งแล้วเป็นไมโครเมตร ตามวิธีที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบสี วารินซ์และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม 5 การหา ความหนาของฟิล์ม มาตรฐานเลขที่ มอก.285 เล่ม 5

7. การรายงานผล

- 7.1 รายงานผลการทดสอบจะต้องแสดงข้อความดังต่อไปนี้
- (1) เอกสารอ้างอิงฉบับนี้
 - (2) ชนิดและลักษณะของตัวอย่างทดสอบ
 - (3) รายการข้อมูลต่างๆที่ใช้ประกอบเพิ่มเติม
 - (4) ข้อแตกต่างอื่น ๆ นอกเหนือไปจากมาตรฐานนี้
 - (5) ผลการทดสอบรายงานเป็น
 - การแห้งที่ผิวของผิวเคลือบเป็นไปตามเวลาที่กำหนดหรือไม่
 - ระยะเวลาแห้งที่ผิว
 - (6) วันที่ทดสอบ

ภาคผนวก ง

การชักตัวอย่าง

ตาม มอก.285 เล่ม 1-2524

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดวิธีชักตัวอย่างสี วาร์นิช และ วัสดุที่เกี่ยวข้อง
- 1.2 ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กล่าวถึงในมาตรฐานนี้เป็นส่วนผสมที่ประกอบด้วยผงสีของเหลว ใช้ทาหรือพ่นบนวัตถุองค์ประกอบของสีและวาร์นิช มิได้หมายถึงสีย้อมชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการอุตสาหกรรมและในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์หรือสีที่ใช้กันในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบ หรือสีฝุ่นที่ใช้ในการเขียนแบบต่าง ๆ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเคมี มีดังต่อไปนี้

- 2.1 สีทา (paint) หมายถึง สารที่ผสมกับผงสีในสภาพที่เป็นของเหลวใช้เคลือบพื้นผิว เมื่อแห้งจะทำให้เกิดฟิล์มติดบนพื้นผิวนั้น
- 2.2 วาร์นิช (varnish) หมายถึง ของเหลวที่หลังจากใช้เครื่องเคลือบพื้นผิว แล้วให้เป็นชั้นบาง ๆ แล้วจะได้ฟิล์มใส
 - 2.2.1 แอสฟัลต์วาร์นิช (asphalt varnish) หมายถึง วาร์นิชที่มีสีเข้มประกอบด้วยส่วนผสมของบิทูเมนเป็นองค์ประกอบสำคัญ
 - 2.2.2 น้ำมันวาร์นิช (oil varnish) หมายถึงวาร์นิชที่มีเรซินและน้ำมันชักแห้งเป็นตัวประกอบหลักของไบน์เดอร์ และเมื่อเกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้วจึงจะให้ฟิล์มแข็ง
 - 2.2.3 สปริตวาร์นิช (spirit varnish) หมายถึงวาร์นิชที่เมื่อตัวทำละลายระเหยไปหมด จะทำฟิล์มแข็ง

- 2.3 วัสดุที่เกี่ยวข้อง หมายถึง สารที่ใช้แยกกับหรือร่วมกับสีและวารนิชใช้เคลือบหรืออุดพื้นผิวเพื่อความสวยงามกับการถูกร่อน หรือช่วยให้การเคลือบดีขึ้น
- 2.3.1 ทรายเออร์ (driers) หมายถึง สารที่ใช้ปริมาณน้อย ๆ ผสมลงในน้ำมันชักแห้ง หรือสี หรือวารนิชเพื่อลดเวลาการแห้งที่อุณหภูมิธรรมดา มักจะเป็นสารประกอบของตะกั่ว มังกานีสหรือโคบอลต์
- 2.3.2 น้ำมันชักแห้ง (drying oil) หมายถึงน้ำมันที่ทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนได้เร็วเมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศในลักษณะฟิล์มบางๆ แล้วเปลี่ยนเป็นสารที่ค่อนข้างแข็งและเหนียว
- 2.3.3 ฟิลเลอร์ (filler) หมายถึงสารที่ใช้อุดรูเล็กๆ เพื่อให้พื้นผิวที่จะเคลือบผลิตภัณฑ์เรียบสม่ำเสมอ
- 2.3.4 แล็กเกอร์ (lacquer) หมายถึง สารที่เมื่อใช้เคลือบแล้วจะแห้งโดยการที่ตัวทำละลายระเหยไปเท่านั้น เช่น สารผสมระหว่างเซลลูโลสและตัวทำละลาย
- 2.3.5 น้ำยาล้างสี (paint remover) หมายถึง สารที่เมื่อทาบนฟิล์มของผลิตภัณฑ์แล้วทำให้ขจัดผลิตภัณฑ์นั้นออกจากพื้นผิวที่เคลือบได้ง่าย
- 2.3.6 ผงสี (pigment) หมายถึง ของแข็งที่มีอนุภาคละเอียดใช้ในการทำสีและจะไม่ละลายในสิ่งนำสี เป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดสีและความทึบแสง
- 2.3.7 สีรองพื้น (primer) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เคลือบเป็นชั้นแรกบนพื้นผิวที่ยังไม่ถูกเคลือบ
- 2.3.8 พัตตี (putty) หมายถึง สารที่ชั้นเหนียวประกอบด้วยผงสีและสิ่งนำสี ใช้ในการอุดรูไม้และพื้นผิวโลหะ
- 2.3.9 ซีเลอร์ (sealer) หมายถึง ของเหลวใสหรือมีผงสีใช้เคลือบบนพื้นผิวที่มีการดูดซึมน้ำมากก่อนที่จะเคลือบสี เมื่อแห้งจะลดความสามารถในการดูดซึมของพื้นผิวนั้น
- 2.3.10 ทินเนอร์ (thinner) หมายถึง ของเหลวที่ระเหยง่าย ใช้ผสมกับผลิตภัณฑ์เพื่อลดความหนืด และต้องผสมกับผลิตภัณฑ์ได้หมดเป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิธรรมดา โดยไม่ทำให้ส่วนที่ไม่ระเหยตกตะกอนในขณะที่อยู่ในภาชนะบรรจุหรือในฟิล์มขณะกำลังแห้ง
- 2.4 สิ่งนำสี (vehicle) หมายถึง ส่วนที่เป็นของเหลวของสี
- 2.5 ไบน์เดอร์ (binder) หมายถึง ส่วนที่ไม่ระเหยของสิ่งนำสี ทำหน้าที่ยึดประสานอนุภาคของผงสีเข้าด้วยกัน และช่วยให้ฟิล์มของผลิตภัณฑ์ยึดแน่นกับพื้นผิว
- 2.6 ผลิตภัณฑ์ (material) หมายถึง สี หรือวารนิช หรือแล็กเกอร์

3. ประเภท

- 3.1 สี วารินิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง แบ่งออกเป็น 6 ประเภท คือ
 - 3.1.1 ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยผงสีที่มีตัวทำละลาย
 - 3.1.2 ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยผงสี ละลายน้ำได้ รวมทั้งสีอิมัลชัน
 - 3.1.3 ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีผงสีเป็นส่วนประกอบ เช่น วารินิช น้ำมันชักแห้ง สารละลาย เรซิน และอิมัลชัน
 - 3.1.4 ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว เช่น ทินเนอร์ ทรายเออร์ และตัวเร่งปฏิกิริยา
 - 3.1.5 ผลิตภัณฑ์ที่เป็นวัสดุชั้น เหนียว เช่น พัตตี เพสต์เพนต์ และผงสีบดในน้ำมัน
 - 3.1.6 ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผง เช่น ผงสี และผงโลหะ เช่น อะลูมิเนียม

4. การชักตัวอย่าง

- 4.1 เครื่องมือ
 - 4.1.1 จุดมุ่งหมายในการใช้เครื่องมือสำหรับชักตัวอย่าง เพื่อให้การผสมผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน และใช้ในการชักตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด เครื่องมือต้องแห้ง สะอาด ทำจากวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างและเป็นแบบ สะดวก ทำความสะอาดง่าย
 - 4.1.2 เครื่องมือในการชักตัวอย่างประกอบด้วย
 - ว่าเปียงกสมาเสมอทั่วทั้งแผ่นแสดงว่าแผ่นเหล็กนั้นสะอาด แต่ถ้าไม่ได้ผลเช่นนั้นต้องทำความสะอาดแผ่นเหล็กทั้งหมดใหม่ โดยทั่ว ๆ ไปต้องทำความสะอาดแผ่นเหล็กอีกครั้ง ก่อนใช้เสมอ
- 4.4 การทำเครื่องหมายและการฉีก
 - 4.4.1 การทำเครื่องหมาย
 - ทันทีที่ชักตัวอย่างเสร็จต้องปิดฉลากไว้ที่คอ หรือตัวภาชนะที่บรรจุผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ฉลากและหมึกที่ใช้จะต้องทนต่อความชื้นและตัวทำละลายที่มีในผลิตภัณฑ์ตัวอย่างนั้น ฉลากต้องแสดงข้อความต่อไปนี้
 - (1) ชื่อโรงงานที่ทำ
 - (2) ชนิดและลักษณะของผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก จ

การตรวจและการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ ตาม มอก.285 เล่ม 2-2524

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดวิธีการตรวจ และวิธีเตรียมตัวอย่างดี วารันซ์ และวัสดุที่เกี่ยวข้องสำหรับใช้ในการทดสอบ

2. บทนิยาม

- 2.1 ภาชนะบรรจุตัวอย่าง
- 2.1.1 สภาพของภาชนะ
ภาชนะต้องอยู่ในสภาพที่ปกติและไม่ทำปฏิกิริยากับสิ่งที่บรรจุ
- 2.2.2 การเปิดภาชนะ
ทำความสะอาดภาชนะภายนอกก่อน แล้วค่อย ๆ เปิดฝาอย่างระมัดระวังโดยไม่ให้กระทบกระเทือนถึงภาชนะที่บรรจุ
- 2.2 วิธีการดำเนินการเบื้องต้น ให้ตรวจเป็นประเภท ๆ ไป
การแบ่งประเภทให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบดี วารันซ์ และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม 1 การชักตัวอย่าง
- 2.2.1 ผลิตภัณฑ์ประเภท 1 และประเภท 2
- 2.2.1.1 การตรวจด้วยตา
- (1) ประมาณปริมาตรของอากาศเหนือผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะ โดยกำหนดเป็นร้อยละของความจุน้ำมันทั้งหมดของภาชนะนั้น
 - (2) ถ้ามีผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ (skin) ให้ระบุพร้อมทั้งลักษณะ เช่น เป็นแผ่นเดียวกัน แข็ง อ่อน บาง หรือหนา แล้วกำจัดทิ้งให้หมด ถ้าจำเป็นอาจใช้วิธีการงอและระบุความยากง่ายในการกำจัดด้วย แต่ในกรณีที่ทำกรตรวจวิเคราะห์ควบคุมคุณภาพ (analytical control) ถ้ามีผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ให้คนจนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์เข้า

ตัวอย่างที่ต้องการทดสอบด้วย

- (3) การอยู่ตัว ให้ระบุโดยการสังเกตให้แน่ชัดว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีลักษณะการคืนตัวหรือมีลักษณะเป็นรู้น
- (4) การแยกชั้น ให้ระบุด้วยถ้าตัวอย่างมีการแยกชั้น
- (5) การนอนกัน ให้ระบุถึงชนิดของการนอนกัน เช่น อ่อน แข็ง หรือแข็งแข็ง ถ้าการนอนกันนั้นแข็งและเมื่อใช้มีดผสมสี (palette knife) ที่สะอาดตัด แล้วปรากฏเป็นลักษณะผง่วนแห้งในก้อนแข็งนั้นให้ถือเป็นลักษณะของการนอนกันชนิดแห้งแข็ง
- (6) วัสดุอื่น ๆ ถ้ามี ให้ระบุพร้อมทั้งกำจัดทิ้งด้วยความระมัดระวัง

2.2.1.2 การผสม

- (1) ตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นรู้นหรือมีการนอนกันชนิดแห้งแข็ง ที่ไม่สามารถรวมกันได้ ควรใช้ในการทดสอบ
- (2) โดยทั่ว ๆ ไปกรรมวิธีตั้งแต่ข้อ (3) ถึง (5) ที่จะกล่าวต่อไปนี้ต้องให้มีการสูญเสียตัวทำลายน้อยที่สุด และควรกระทำให้เร็วที่สุด
- (3) ถ้าเติมตัวอย่างที่มีผิวหน้าให้กรองออกโดย ให้ไหลออกมาโดยน้ำหนักของมันเอง แผ่นแรงขนาด 125 ไมโครเมตร
- (4) ในกรณีที่ไม่มีการนอนกันชนิดแข็งให้ผสมตัวอย่างให้เข้ากันโดยทั่วถึง (ถ้าตัวอย่างมีจำนวนน้อยให้ใช้มีดผสมสี แต่ถ้าตัวอย่างมีจำนวนมากให้ใช้เครื่องกวนขนาดใหญ่) ปิดภาชนะให้แน่น แล้วเขย่าโดยกลับภาชนะไปมาทำการเขย่าและกวนซ้ำจนกระทั่งตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกันการผสมจะเป็นไปอย่างสมบูรณ์ถ้าทำโดยวิธีเทตัวอย่างลงในภาชนะอื่นที่สะอาดแล้วถ่ายลงในภาชนะใบเดิมกลับไปกลับมาหลาย ๆ ครั้งในการเตรียมตัว อย่างต้องระวังไม่ให้อากาศเข้าได้ และตัวอย่างจะต้องปราศจากฟองอากาศก่อนใช้
- (5) ในกรณีที่มีการนอนกันชนิดแข็ง (แต่ไม่ใช่ชนิดแห้งแข็ง)ถ้าต้องตรวจสอบตัวอย่างให้สมบูรณ์ให้ทำดังนี้ เทตัวอย่างลงในภาชนะที่สะอาดใช้มีดผสมสีตักส่วนที่นอนกันอยู่ ออก แล้วผสมกันให้ทั่ว เมื่อตัวอย่างที่มีเนื้อสม่ำเสมอแล้ว เทตัวอย่างกลับลงในภาชนะเดิมทีละน้อย โดยการเทแต่ละครั้งต้องให้ตัวอย่างรวมเป็นเนื้อเดียวกันก่อนเทเติมครั้งต่อไปผสมให้เข้ากันอย่างสมบูรณ์อีกครั้งหนึ่ง โดยเทจากภาชนะหนึ่งใส่ลงอีกภาชนะหนึ่งหลาย ๆ ครั้งและตัวอย่างต้องปราศจากฟองอากาศก่อนใช้

2.2.2 ผลิตภัณฑ์ประเภท 3 และประเภท 4

2.2.2.1 การตรวจด้วยตา

- (1) ประมาณปริมาตรของอากาศเหนือผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะ โดยกำหนดเป็นร้อยละของความจุน้ำมันทั้งหมดของภาชนะนั้น
- (2) ถ้ามีผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ให้ระบุพร้อมทั้งลักษณะ เช่น เป็นแผ่นเดียวกันทั้งแข็ง อ่อน บาง หรือหนา แล้วกำจัดทิ้งให้หมด ถ้าจำเป็นอาจใช้วิธีการงอ และระบุนความยากง่ายในการกำจัดด้วย ในกรณีที่ทำการตรวจวิเคราะห์ควบคุมคุณภาพ ถ้ามีผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ให้คนจนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์เข้ากับตัวอย่างที่ต้องการทดสอบด้วย
- (3) การอยู่ตัว ให้ระบุโดยการสังเกตให้แน่ชัดว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีลักษณะการคืนตัว หรือมีลักษณะเป็นก้อน
- (4) การแยกชั้น ให้ระบุด้วยตัวอย่างที่มีการแยกชั้น เช่น น้ำ และน้ำมันหรือวัสดุเรซิน
- (5) สิ่งเจือปนที่มองเห็น ถ้ามีให้ระบุพร้อมทั้งกำจัดทิ้งถ้าเป็นไปได้
- (6) ตะกอน ถ้ามีให้ระบุถึงลักษณะที่ปรากฏ
- (7) ความใส ในกรณีของวารนิช ทินเนอร์ และตัวเร่งปฏิกิริยา ให้ระบุถึงความใส และสีของตัวอย่าง

2.2.2.2 การผสม

กวนตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกัน

2.2.2 ผลิตภัณฑ์ประเภท 5

ให้ตรวจผลิตภัณฑ์เหล่านี้ตามวิธีเช่นเดียวกับข้อ 2.2.2 ในกรณีที่จำเป็นต้องผสมเพื่อให้แน่ใจว่าตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกันให้ใช้เครื่องผสม

2.2.3 ผลิตภัณฑ์ประเภท 6

ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ไม่มีกรรมวิธีพิเศษ แต่ถ้ามีสิ่งผิดปกติให้ระบุด้วย เช่น สีผิดปกติ การเป็นก้อนที่มีขนาดแข็งและใหญ่ วัสดุแปลกปลอม เป็นต้น

3. การเตรียมตัวอย่าง

3.1 การเตรียมตัวอย่างรวม

3.1.1 โดยทั่วไปในกรณีที่มีการชักตัวอย่างหลายตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์ที่เป็นเนื้อเดียวกัน อาจทำการทดสอบแยกแต่ละตัวอย่างหรือนำมารวมกันเป็นตัวอย่างเดียวตามวิธีในข้อ 3.1.2 ถึงข้อ 3.1.4

3.1.2 ผลิตภัณฑ์ประเภทที่ 1 2 3 และ 4

หลังจากผสมตัวอย่างดังกล่าวในข้อ 2.2.1 และข้อ 2.2.2 แล้วเทตัวอย่างลงในภาชนะที่สะอาดแห้งและมีขนาดเหมาะสม แล้วผสมให้ทั่วโดยใช้วิธีกวนหรือเขย่าเมื่อตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกันแล้วนำไปทำการชักตัวอย่างตามวิธีในมาตรฐานวิธีทดสอบ สี วารันิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง เล่ม 1 การชักตัวอย่าง แล้วบรรจุลงในภาชนะที่สะอาดแห้งโดยมีปริมาตรของอากาศเหนือตัวอย่างที่บรรจุในภาชนะ ร้อยละ 5 ของความจุทั้งหมดของภาชนะนั้น ปิดฝาภาชนะทำเครื่องหมายและผนึกภาชนะถ้าจำเป็น

3.1.3 ผลิตภัณฑ์ประเภทที่ 5

หลักการปฏิบัติโดยทั่วไปสำหรับตัวอย่างนี้ จะต้องพิจารณาตามความเหมาะสมเป็นเรื่องๆไป เช่น การใช้เครื่องมือ ความยากง่ายในการผสม การระเหยของส่วนที่ระเหยได้ เป็นต้น

3.1.4 ผลิตภัณฑ์ประเภท 6

เทตัวอย่างออกจากภาชนะที่บรรจุทุกใบรวมกันลงในภาชนะที่สะอาดแห้ง แล้วผสมให้ทั่วแบ่งตัวอย่างให้ได้ปริมาณที่เหมาะสมโดยวิธีแบ่งสี แล้วจึงบรรจุลงในภาชนะที่สะอาดแห้ง ปิดฝาภาชนะ ทำเครื่องหมาย และผนึกภาชนะถ้าจำเป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

แผ่นทดสอบและการเตรียม ตาม มอก.285 เล่ม 3-2524

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดคุณลักษณะของแผ่นทดสอบ และวิธีเตรียมแผ่นทดสอบสำหรับใช้เป็นแผ่นทดสอบมาตรฐานเพื่อทดสอบสี วารันิช และวัสดุที่เกี่ยวข้อง

2. ประเภท

- 2.1 แผ่นทดสอบแบ่งออกเป็น 8 ประเภท คือ
- 2.1.1 แผ่นเหล็ก
 - 2.1.2 แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก
 - 2.1.3 แผ่นอลูมิเนียม
 - 2.1.4 แผ่นแก้ว
 - 2.1.5 แผ่นคอนกรีต
 - 2.1.6 แผ่นไม้
 - 2.1.7 แผ่นกระเบื้องใยหินแผ่นเรียบ
 - 2.1.8 แผ่นยิปซัม

3. คุณลักษณะของแผ่นทดสอบและวิธีการเตรียม

- 3.1 แผ่นเหล็ก
- 3.1.1 ใช้แผ่นเหล็กที่มีคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้
 - 3.1.1.1 เหล็กกล้าอะมุนรีดแบนที่ไม่เป็นสนิม
 - 3.1.1.2 ที่ผ่านกรรมวิธีขจัดสารปนเปื้อนเหล็กในขณะหลอมออกหมดแล้วนำไปผ่านการรีดเย็น

(fully killed cold reduced) ที่มีขนาดเนื้อเหล็ก (grin size) ไม่มากกว่า 0.03 มิลลิเมตร และต้องมีค่าอิริชเซนคัพป์ (Erichsen cupping) เทียบเท่ากับค่าที่ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร ของแผ่นเหล็กที่มีความหนา 0.8 มิลลิเมตร แผ่นเหล็กจะต้องมีความหยาบของผิวและการเปลี่ยนสีน้อยที่สุด ค่าความหยาบของพื้นผิวควรมีค่าไม่เกิน 1.5 ไมโครเมตร

3.1.2 ความหนาและขนาดของแผ่นทดสอบให้เป็นไปตามที่ระบุในรายละเอียดของวิธีทดสอบหากมิได้ระบุให้ใช้แผ่นเหล็กหนา 0.6 ถึง 1.0 มิลลิเมตร และมีขนาดไม่น้อยกว่า 70 x 150 มิลลิเมตร

3.1.3 การเก็บ

ป้องกันแผ่นเหล็กไม่ให้เปื้อนสนิมโดยการเก็บไว้ในน้ำมันแร่ (light neutral mineral oil) หรือสารละลายไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีวัตถุเจือปน (additive) อาจเก็บโดยแช่แผ่นเหล็กทั้งแผ่นหรือเคลือบด้วยน้ำมันแล้วห่อด้วยกระดาษที่ชุบน้ำมันนั้น

3.3 แผ่นอลูมิเนียม

3.3.1 แผ่นอลูมิเนียมที่ใช้สำหรับการทดสอบทั่ว ๆ ไปควรเป็นแผ่นอลูมิเนียมที่มีส่วนประกอบทางเคมีเป็นชั้นคุณภาพอลูมิเนียม 99.0 สำหรับอลูมิเนียมชนิดแข็งควรมีค่าความต้านแรงดึง (tensile strength) อย่างน้อย 138 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และอลูมิเนียมชนิดอ่อนควรมีค่าของแรงดึงไม่เกิน 108 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ความหนาและขนาดของแผ่นทดสอบให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในวิธีทดสอบ ตัดแผ่นอะลูมิเนียมให้มีความกว้าง 20 มิลลิเมตรและมีความยาวพอสมควรแผ่นทดสอบนั้นต้องไม่ปรากฏรอยแตก

3.3.2 การเตรียม

3.2.2.1 การเตรียมโดยวิธีทำความสะอาดด้วยตัวทำละลาย

ใช้วิธีเดียวกับข้อ 3.1.4.1

3.4 แผ่นแก้ว

3.4.1 แผ่นแก้วที่ใช้ต้องเป็นแผ่นแก้วที่เป็นเงามัว ความหนาและขนาดของแผ่นแก้วให้เป็นไปตามที่กำหนดในวิธีทดสอบ

3.4.2 การเตรียม

การเตรียมโดยวิธีทำความสะอาดด้วยตัวทำละลาย

3.4.2.1 ใช้วิธีการตามข้อ 3.1.4.1

3.4.2.2 การเตรียมโดยวิธีทำความสะอาดด้วยผงซักฟอก

ล้างแผ่นแก้วด้วยสารละลายผงซักฟอกนอนไอออนิกที่อุ่น แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่นอีกที ทำให้แผ่นแก้วแห้งโดยให้ความร้อนเพื่อกำจัดความชื้นให้หมดไป หลังจากทำความสะอาดสะอาดแล้วไม่ควรใช้มือจับแผ่นแก้วอีก

3.5 แผ่นคอนกรีต (concrete panels)

3.5.1 แผ่นคอนกรีตที่จะกล่าวต่อไปนี้ ใช้เป็นตัวแทนของผิวคอนกรีต

3.5.2 วิธีเตรียม

นำแผ่นทดสอบจากส่วนผสมของทรายที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสม ตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรม (ในขณะที่ยังไม่มีประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวในข้อกำหนดเป็นไปตามข้อ 3.5.3) กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง ในอัตราส่วนสามต่อหนึ่งโดยน้ำหนัก ผสมให้เข้ากันโดยใช้น้ำพอประมาณทำเป็นแผ่นทดสอบให้ได้ขนาด 150 มิลลิเมตร x 75 มิลลิเมตร x 13 มิลลิเมตร แต่งผิวด้านบนของแผ่นทดสอบให้เรียบโดยใช้เกรียงเหล็กกล้า (steel trowel) เกือบเบาๆ ตั้งทิ้งไว้ประมาณ สามชั่วโมงครึ่งถึงสี่ชั่วโมง แล้วจึงแต่งผิวหน้าด้วยเกรียงเหล็กกล้าให้เรียบอีกครั้ง ตั้งให้แห้งประมาณ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่น้ำ ประมาณ 7 วันก่อนที่จะนำไปใช้ ต้องทิ้งแผ่นทดสอบให้แห้งสนิทก่อนแผ่นทดสอบนี้อาจเตรียมล่วงหน้าแล้วเก็บไว้ใช้ก่อนนำแผ่นทดสอบไปใช้ ควรวัดความมันของผิวหน้าด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1

3.5.3 คุณลักษณะของทรายสำหรับเตรียมแผ่นคอนกรีต

3.5.3.1 ต้องเป็นทรายสะอาดปราศจากวัตถุเจือปน เช่น ดิน ใก้า ถ่าน ผักหญ้า และสารอินทรีย์

ปนเปื้อน

3.5.3.2 ต้องเป็นทรายน้ำจืด หยาด คม และแข็งแกร่ง ขนาดของเมล็ดทรายที่จะใช้ ต้องเป็นทรายที่สามารถผ่านร่งขนาดต่างๆ โดยมีปริมาณตกค้างบนร่งเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

3.6 แผ่นไม้ (wood panels)

แผ่นทดสอบที่เป็นไม้นี้ใช้สำหรับทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในเรื่องความคงทนต่อดิน ฟ้า อากาศ เพื่อทดสอบภายนอกอาคาร (outdoor exposure test) และในห้อง

ปฏิบัติการโดยใช้เครื่องเร่งภาวะ (accelerated laboratory test)

3.6.1 คุณลักษณะทั่วไป

3.6.1.1 ไม้ที่นำมาใช้เป็นแผ่นทดสอบ จะต้องไม่มีรอยตำหนิเช่น ตา รอยแตกต่างๆ รอยผุหรือความบกพร่องอื่นๆ เป็นไม้แบน (flat sawn) ที่ได้ขนาดตัดมาใช้งาน และไม่มีส่วนกะพืดติดอยู่

3.6.1.2 ความชื้นของไม้ให้อยู่ที่ร้อยละ 12 ± 0.5

3.6.1.3 ค่าความถ่วงจำเพาะให้เป็นดังนี้

ไม้ตะเคียน	0.98+0.20
ไม้ซี สักทะเล พันจำ	0.71+0.14
ไม้เคี่ยม	0.98+0.20
ไม้กะบาก	0.68+0.13
ไม้ยาง	0.65+0.13
ไม้สยา	0.52+0.10
ไม้ตะเคียนทอง	0.80+0.16
ไม้เคี่ยมคะนอง	0.76+0.15
ไม้เต็ง	1.05+0.20
ไม้สัก	0.63+0.12

3.6.1.4 ไม้ที่นำมาทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ ไม้เนื้อละเอียด ไม้เนื้อหยาบและไม้ที่มีเนื้ออยู่ระหว่างเนื้อละเอียดกับเนื้อหยาบในการทดสอบให้เลือกใช้ไม้ประเภทละ 1 ชนิด ดังนี้

- (1) ไม้เนื้อละเอียด ให้ใช้ไม้ตะเคียนหินหรือใช้ไม้ซี(สักทะเลพันจำ) หรือไม้เคี่ยม
- (2) ไม้เนื้อหยาบ ให้ใช้ไม้กะบาก หรือไม้ยาง หรือไม้สยา
- (3) ไม้ที่มีเนื้ออยู่ระหว่างเนื้อละเอียดกับเนื้อหยาบ ให้ใช้ไม้ตะเคียนทอง หรือไม้เคี่ยมคะนอง หรือไม้เต็ง หรือไม้สัก

3.6.1.5 ขนาดของแผ่นไม้ต้องไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร x 200 มิลลิเมตร และมีความหนา 100 มิลลิเมตร

3.6.2 การเตรียมแผ่นไม้

3.6.2.1 การขัดถู อาจเตรียมตามวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

- (1) ใช้กระดาษแก้วเบอร์ 0 ขัดที่ขอบและพื้นผิวให้เรียบโดยถูตามลายไม้ เพื่อขจัดผงฝุ่นที่จับบนผิว แล้วทิ้งไว้ในที่ ๆ มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก

(2) ใช้กระดาษทรายละเอียด ถูตามขอบและมุมของแผ่นทดสอบจนกระทั่งเรียบ แล้วใช้แปรงขัดผงไม้และสิ่งสกปรกอื่น ๆ

3.6.2.2 เคลือบส่วนหัว ท้าย และส่วนหลังของแผ่นไม้ด้วยสีปิทิวเมน หรือสารไม่มีสีที่ใช้เคลือบเพื่อกันน้ำ

3.7 แผ่นกระเบื้องใยหินแผ่นเรียบ (asbestos cement flat panels)

3.7.1 กระเบื้องใยหินแผ่นเรียบที่ใช้ให้มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องใยหินแผ่นเรียบ

3.7.2 วิธีเตรียม

3.7.2.1 ทำความสะอาดพื้นผิวโดยขัดด้วยกระดาษทราย พื้นผิวแห้งใดเป็นมันก็ขัดจนหมดความมัน แล้วใช้แปรงที่ไม่ใช้แปรงลวดขัดผงออกจากพื้นผิวให้หมด

3.7.2.2 เคลือบส่วนหัว ท้าย และส่วนหลังของแผ่นกระเบื้องใยหินด้วยสีปิทิวเมน หรือสารไม่มีสีที่ใช้เคลือบเพื่อกันน้ำ

3.8 แผ่นยิปซัม (gypsum wall board panels)

3.8.1 แผ่นยิปซัมที่ใช้ให้มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นยิปซัม

3.8.2 วิธีเตรียม

ใช้แผ่นยิปซัมขอบแก้ว (recessed edge) 2 แผ่น ขนาด 600 มิลลิเมตร x 600 มิลลิเมตรหนา 6.5 มิลลิเมตรที่ได้ฝนขอบด้วยกระดาษทรายจนเรียบสม่ำเสมอมาต่อกัน ให้ขอบชิดกันและอยู่ในแนวระนาบเดียวกัน ที่แนวต่อด้านหลัง ใช้ไม้คร่าวขนาดความหนา 20 มิลลิเมตรกว้าง 60 มิลลิเมตรและยาว 600 มิลลิเมตร ประทับโดยใช้ตะปูเหล็กชนิดพิเศษขนาดที่เกณฑ์กำหนดเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมตะปูเหล็ก สำหรับใช้งานพิเศษยึดแผ่นยิปซัม กับไม้คร่าวให้เป็นแนวตรงกัน 30 แนว และให้ห่างจากขอบหรือปลายของแผ่นทดสอบอย่างน้อย 10 มิลลิเมตรให้หัวตะปูจมในแผ่นทดสอบ และใช้สตอปปิงพลาสติกอุดหัวตะปูและรอยต่อแล้วเกลี่ยให้เรียบทิ้งไว้ 72 ชั่วโมงก่อนนำไปทดสอบ หากมีรอยแยกเกิดระหว่างนั้น ให้อุดอีกครั้งแล้วทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอาพะพะ สิงห์แพ เกิดวันที่ 19 กรกฎาคม พ.ศ.2521 ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีวิศวกรรม ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2542



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย