

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ
ทว
ชว 13

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 8ว

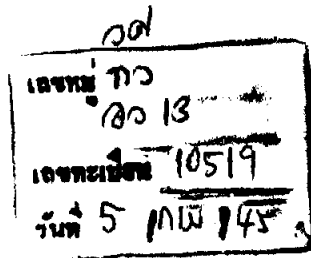
การผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิบซัม

นางมัทนา พงษ์ไทยพัฒน์
นักวิทยาศาสตร์ 7ว

กลุ่มวิจัยและพัฒนา 1
กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลข่าวสาร
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 8ว



การผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิบซัม

นางมัทนา พงษ์ไทยพัฒน์
นักวิทยาศาสตร์ 7ว

กลุ่มวิจัยและพัฒนา 1
กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กิติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ

1. เจ้าหน้าที่กองฟิสิกส์และวิศวกรรมในการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วย Differential thermal analysis
2. เจ้าหน้าที่กองการวิจัยในการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วย Infrared Spectroscopy และ Scanning electron microscope
3. เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกในการทดสอบการใช้งานโดยนำไปทำแม่แบบพิมพ์

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยผลิตปูนปลาสเตอร์ (Plaster of paris) ชนิดแอลฟา (Alpha) ซึ่งเป็นปูนที่เหมาะสมสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก เพราะเป็นปูนที่มีขนาดของผลึกค่อนข้างโต ไม่มีรูพรุน พื้นผิวที่ฉนวนน้อย ตูดน้ำได้น้อย ทำได้ด้วยวิธีการระเหยไอน้ำจากโมเลกุลของแรียบซึมจากสองโมเลกุลให้เหลือประมาณครึ่งโมเลกุล โดยให้ความร้อนภายใต้ความดัน ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้นำตัวอย่างแรียบซึมมาผสมกับน้ำให้เป็นของเหลวชั้น ๆ แล้วนำไปใส่ลงในหม้อนิ่งอัดความดัน (Autoclave) เพื่อเพิ่มความดันโดยใช้ไอน้ำ ความร้อนประมาณ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยไม่ต้องเขย่า เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาที่มีสมบัติทางเคมีและทางกายภาพเทียบเท่ากับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาที่มีขายในตลาด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	ก
สารบัญ.....	ข
สารบัญตาราง.....	ง
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 สภาพปัญหาและที่มาของการศึกษาวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย.....	1
1.4 ระยะเวลาการศึกษาวิจัย.....	1
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ.....	2
บทที่ 2 การสารปริทัศน์.....	3
2.1 การผลิตปูนปลาสเตอร์.....	3
2.2 การแบ่งชนิดของปูนปลาสเตอร์.....	4
2.3 วิธีทำให้ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามีค่าความชื้นเหลวมาตรฐานลดลง.....	4
2.4 การผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา.....	4
บทที่ 3 วิธีการศึกษาวิจัย.....	5
3.1 วัตถุประสงค์.....	5
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	5
3.3 การเตรียมวัตถุดิบ.....	6
3.4 การดำเนินการศึกษาวิจัย.....	6
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย.....	10
4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่นำมาวิจัยทำปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา.....	10
4.2 การผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิบซั่ม.....	11
4.3 การวินิจฉัยปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เพื่อให้ทราบว่าเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดใด โดยเปรียบเทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามี่จำหน่ายในตลาด.....	14
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการศึกษาวิจัย.....	19
5.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ.....	19
5.2 การทดลองผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิบซั่ม.....	19
5.3 การวินิจฉัยปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เพื่อให้ทราบว่าเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดใด โดยเปรียบเทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามี่จำหน่ายในตลาด.....	20

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	24
6.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย.....	24
6.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	24
6.3 ข้อเสนอแนะ.....	24
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.	26
ภาคผนวก ข.	30

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างแร่ยิบซั่ม.....	10
2	แสดงผลการศึกษาทดลองทำปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิบซั่มตัวอย่างละ 100 กรัม ไล่ความร้อนในหม้อนึ่งอัด.....	11
3	แสดงผลการศึกษาทดลองผลิตปูนปลาสเตอร์ (α -ยิบซั่ม) ครั้งละ 1,000-2,000 กรัม.....	13
4	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและ ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 188-2527.....	14
5	แสดงค่าความชื้นเหลือมาตรฐานของปูนปลาสเตอร์.....	15

บทที่ 1

บทนำ

1.1 สภาพปัญหาและที่มาของการศึกษาวิจัย

ประเทศไทยมีแหล่งแร่ยิปซัม (gypsum) หรือแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) อยู่ในหลายจังหวัดเช่นจังหวัดสุราษฎร์ธานี, นครศรีธรรมราช, ลำปาง, อุตรดิตถ์, นครสวรรค์, พิจิตร เป็นต้น แร่ยิปซัมเป็นแร่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก เนื่องจากการส่งออกแร่ดังกล่าวขายต่างประเทศคิดเป็นมูลค่าปีละหลายพันล้านบาทตามข้อมูลที่ได้จากกรมศุลกากร กระทรวงการคลัง นอกจากนี้แร่ยิปซัมยังสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าโดยนำมาผลิตวัสดุต่างๆ ได้หลายชนิดเช่น นำมาผลิตเป็นปูนปลาสเตอร์ (plaster of paris, $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) หรือปูนยิปซัมเป็นต้น ปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา (β -gypsum) ส่วนปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา (α -gypsum) ซึ่งมีความแข็งแรงกว่าและมีรุกรานน้อยกว่าชนิดบีตา ซึ่งนิยมนำมาใช้ทำแบบแม่พิมพ์คุณภาพสูงในอุตสาหกรรมเซรามิกยังไม่มีการผลิตในประเทศไทย ขณะนี้ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ โดยที่ราคาของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟามีราคาสูงกว่าปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาและแร่ยิปซัมดิบหลายสิบเท่า แร่ยิปซัมดิบราคาประมาณ 800 บาทต่อตัน ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาราคาประมาณ 2,800 บาทต่อตัน ส่วนปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาราคาประมาณ 30,000 บาทต่อตัน

หนึ่งกลุ่มวิจัยและพัฒนา 1 กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้ศึกษาวิจัยการผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาจากแร่ยิปซัมตามคำขอของผู้สนใจที่ประสงค์จะทำปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาจากแร่ยิปซัม เพื่อนำส่งจำหน่ายในประเทศมาเลเซียเป็นผลสำเร็จแล้ว ดังนั้นจึงมีความเห็นว่าควรจะได้ศึกษาวิจัยหาเทคโนโลยีการผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิปซัมในประเทศขึ้น เพื่อเพิ่มมูลค่าของแร่ยิปซัมให้สูงเพิ่มมากขึ้นตามที่กล่าวมาข้างต้น

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อให้ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิปซัม

1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาวิจัยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิปซัม
- 1.3.2 เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาที่ผลิตได้กับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาที่มีขายในตลาด

1.4 ระยะเวลาการศึกษาวิจัย

5 ปี (2536-2540)

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ

- 1.5.1 ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาที่มีสมบัติทั้งทางเคมีและกายภาพเทียบเท่ากับชนิดที่ขายในตลาด
- 1.5.2 เป็นการนำแร่ดิบชั้นในประเทศมาใช้ประโยชน์โดยมีมูลค่าสูงขึ้นอีก 300-400 เท่า
- 1.5.3 ผู้ประกอบการที่สนใจจะลงทุนผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจะได้รับประโยชน์จากเทคโนโลยีที่ศึกษาวิจัยได้นำไปผลิตเป็นสินค้าราคาแพง ในกรณีนี้จะช่วยลดการนำเข้าปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากต่างประเทศ

บทที่ 2

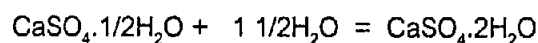
วารสารปริทัศน์

(literature review)

2.1 การผลิตปูนปลาสเตอร์ (plaster of paris) Offutt, J.S. and Lambb, C.M. (1947) กล่าวว่า การผลิตเซรามิกปลาสเตอร์จากแร่ยิบซัมบางชนิดจะไม่ได้ผลดีนักถ้าในแร่ยิบซัมมีแอนไฮไดรต์ (anhydrous calcium sulphate, CaSO₄) หรือมีสารเจือปน (impurity) อย่างอื่นปนอยู่ สารเจือปนเหล่านี้ทำให้แม่แบบที่ได้มีผิวขรุขระและลอกหลุดออกมาเป็นชิ้น ๆ การผลิตปูนปลาสเตอร์เริ่มด้วยการบดแร่ยิบซัมที่บริสุทธิ์มาก ๆ ให้ละเอียด (ประมาณ 140 เมช) แล้วให้ความร้อนพอที่จะไล่ไอน้ำออกจนกระทั่งได้ปูนปลาสเตอร์ การให้ความร้อนหรือการเผาแร่ยิบซัมมักจะทำให้ภาชนะใหญ่ ๆ จูแร่ยิบซัมได้ 10-35 ตัน มีเครื่องมือสำหรับเขย่าหรือหมุนภาชนะนี้ได้ตลอดเวลา การเผาทำที่ความดันปกติของบรรยากาศที่อุณหภูมิไม่เกิน 177 องศาเซลเซียส ปูนปลาสเตอร์ที่ได้มักจะไม่ผลดีเท่าที่ควรและใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกไม่ได้ เพราะการควบคุมอุณหภูมิและความดันทำได้ยาก น้ำผลึกจะหลุดออกมาอย่างรุนแรงในรูปของไอน้ำ ดังนั้นผลึกของยิบซัมจึงแตก ทำให้ปูนปลาสเตอร์ที่ได้รวมตัวเป็นก้อนมีลักษณะพรุน ผลที่ได้จึงค่อนข้างไม่สม่ำเสมอเรียกปูนปลาสเตอร์ที่ได้จากกระบวนการผลิตนี้ว่า บีตา ยิบซัม (β -gypsum)

แอลฟา ยิบซัม สามารถผลิตได้โดยใส่แร่ยิบซัมที่มีขนาดไม่เกิน 2 นิ้วลงในหม้อนึ่งอัด ซึ่งให้ความร้อนภายใต้ความดัน เพิ่มความดันโดยใช้ไอน้ำและให้ความร้อนประมาณ 121 องศาเซลเซียส โดยไม่ต้องเขย่า

การให้ความร้อนโดยไม่ต้องเขย่าแบบนี้จะให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอ (uniform) ขนาดของผลึกจะหนาและค่อนข้างโต ผลึกพวกนี้ไม่มีพรุน พื้นผิว (surface area) จึงน้อยซึ่งทำให้ความสามารถในการดูดน้ำน้อยในการก่อตัว (set) ของแอลฟา ยิบซัมหรือบีตา ยิบซัมปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ น้ำส่วนหนึ่งจะเข้าร่วมกับปูนปลาสเตอร์ ทำให้กลายเป็นวัสดุที่แข็ง (set material) คือ CaSO₄·2H₂O



ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามีสสูตรทางเคมีเหมือนกันคือ CaSO₄·1/2H₂O ต่างกันตรงสมบัติทางกายภาพ

2.2 การแบ่งชนิดของปูนปลาสเตอร์ แบ่งได้โดยใช้ค่าความข้นเหลวมาตรฐาน (normal consistency) ซึ่งคือ ค่าคงที่ของอัตราส่วนของน้ำต่อปูนปลาสเตอร์ในการคิดเป็นหน่วยน้ำหนักในการผสมปูนปลาสเตอร์ให้มีความข้นเหลวค่าหนึ่ง ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟามีค่าความข้นเหลวมาตรฐานต่ำกว่าปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา

นอกจากนี้ยังแบ่งชนิดของปูนปลาสเตอร์ โดยการดูสี ความบริสุทธิ์ ความละเอียด แต่ที่นิยมมากคือ การคิดค่าความข้นเหลวมาตรฐาน เพราะค่าความแข็งแรง (strength) , การดูดน้ำ (absorption) , ความแข็ง (hardness) , การขยายตัวในการก่อตัว (setting expansion) และสมบัติทางกายภาพอย่างอื่นของปูนปลาสเตอร์ขึ้นอยู่กับค่าความข้นเหลวมาตรฐานทั้งนั้น

2.3 วิธีทำให้ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามีค่าความชื้นเหลวมาตรฐานลดลง ทำได้ 3 วิธีดังนี้คือ

2.3.1 วิธีที่หนึ่งเรียกว่าการทำให้ได้อายุ (aging) ทำได้โดย การนำเอาปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามีค่าความชื้นเหลวมาตรฐานจะลดลงที่ละน้อย อัตราการลดลงจะขึ้นอยู่กับความชื้น

2.3.2 วิธีที่สองเรียกว่า aridizing โดยการพ่นเกลือที่ขึ้นเหลว (deliquescent salt) ที่ละลายแล้วเข้าไปในภาชนะที่ทำการเผาไล่น้ำผลึกออกจากแร่ยิบซั่ม (calcination) ค่าความชื้นเหลวมาตรฐานจะลดลง ได้ปูนปลาสเตอร์ที่คงที่และสม่ำเสมอ การ aridizing จะช่วยลดอุณหภูมิในการเผาแร่ยิบซั่มให้กลายเป็นแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) ลงได้ประมาณ 8-11 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตที่เกิดขึ้นมีผลึกใหญ่และเสถียรเก็บไว้ได้นาน จากการทำให้ aridizing นี้ทำให้ผู้ผลิตปูนปลาสเตอร์สามารถส่งปูนปลาสเตอร์ไปขายได้ไกล ๆ เพราะเก็บไว้ยาวนานโดยสมบัติไม่เปลี่ยนแปลง

2.3.3 วิธีที่สามคือ การเผาที่อุณหภูมิมากกว่า 121 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ได้แอนไฮดรัสแคลเซียมซัลเฟต (anhydrous, CaSO_4) ที่ไม่เสถียรมีชื่อเรียกว่า แอนไฮไดรท์ที่ละลายได้ (soluble anhydrite) ซึ่งมีค่าความชื้นเหลวมาตรฐาน ประมาณ 70-75 แต่นำมาใช้ไม่ค่อยได้ผลเพราะมีค่าความแข็งแรงต่ำ (low strength) ไม่เสถียรและการก่อตัวที่ไม่ค่อยแน่นอน

2.4 การผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา

Worner, H.K (1970) กล่าวว่า การผลิตแอลฟายิบซั่มโดยใช้แร่ยิบซั่มผสมน้ำเป็นของเหลวชั้น ๆ ไล่ลงไปในส่วนล่างของหม้อนิ่งอัด ซึ่งมีแกนสำหรับให้หม้อหมุนได้อยู่ตรงกลางหม้อ ภายในหม้อมีไอน้ำร้อนอยู่เต็ม และมีอุณหภูมิสูงระหว่าง 110-140 องศาเซลเซียส หม้อตั้งไว้เอียง ๆ จะให้เอียงแค่นั้นก็ได้ การหมุนแกนตรงกลางของหม้อนิ่งอัดจะทำให้ยิบซั่มในรูปของของเหลวชั้น ๆ ถูกกวาดและในขณะเดียวกันก็เคลื่อนไปยังส่วนบนของหม้อนิ่งอัดที่ละน้อย น้ำส่วนเกินจะค่อย ๆ ไหลกลับลงส่วนล่าง แอลฟายิบซั่มจะหลุดออกมาจากปล่องส่วนบนของหม้อนิ่งอัดในสภาพของเหลวชั้น ๆ หรือเป็นผงชั้น ๆ นอกจากนี้อาจจะเพิ่มหม้อนิ่งอัดเข้าไปอีกอันหนึ่งเพื่อทำซ้ำอย่างเดิมอีกครั้งก็ได้

บทที่ 3

วิธีการศึกษาวิจัย

3.1 วัสดุดิบ

วัสดุดิบที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเป็นตัวอย่างเรียงชั้นจากบริษัทสยามยิบซัมปลาสเตอร์

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องบดละเอียดไฟฟ้าชนิด Mortar Grinder ซึ่งสามารถบดตัวอย่างได้ละเอียดถึง 1 ไมโครเมตร
- เครื่องเย้าตะแกรงมาตรฐานพร้อมตะแกรงขนาด 140 เมช (106 ไมครอนหรือไมโครเมตร)
- ตู้อบไฟฟ้า
- หม้อนึ่งอัด
- เครื่องชั่งไฟฟ้าขนาด 0-5 กิโลกรัม
- เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- ภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่างเรียงชั้น คือ กระบอกสแตนเลสขนาดจุ 1-2 กิโลกรัม
- เครื่อง Coulter LS particle size analysis
- เครื่อง X-ray fluorescence spectrometer
- เครื่อง Infra-red spectrophotometer
- เครื่อง Differential thermal analyzer
- เครื่อง Scanning electron microscope

3.3 การเตรียมวัสดุดิบ

- 3.3.1 นำตัวอย่างแร่ยิบซัมดิบไปตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง
- 3.3.2 สุ่มตัวอย่างแร่ยิบซัมที่แห้งแล้วนำไปบดให้ละเอียดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี
- 3.3.3 บดและร่อนตัวอย่างแร่ยิบซัมจากข้อ 3.3.1 ผ่านตะแกรงขนาด 140 เมช เพื่อนำไปทดลองผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา

3.4 การดำเนินการศึกษาวิจัย

3.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุดิบ (แร่ยิบซัม)

- นำตัวอย่างแร่ยิบซัมจากข้อ 3.3.2 มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี X-ray Fluorescence Spectrometer โดยหา

- ปริมาณความชื้น, ร้อยละ
- ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO), ร้อยละ
- ปริมาณเกลือโซเดียมและแมกนีเซียมที่ละลายได้เมื่อคิดเป็นน้ำหนัก ($\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}$), ร้อยละ
- ปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3), ร้อยละ
- ปริมาณคลอไรด์เมื่อคิดเป็นน้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl), ร้อยละ

3.4.2 การทดลองผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิบซัม

3.4.2.1 ทดลองผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา โดยใช้ตัวอย่างในปริมาณครั้งละ 100 กรัม ในรูปผงแห้งและผสมเป็นของเหลวชั้น นำตัวอย่างบรรจุลงในหม้อนึ่งอัด ให้ความร้อนภายใต้ความดันเพื่อไล่น้ำผลึกออกจากตัวอย่าง บันทึกหาสภาวะในการทดลองนำมาศึกษาหาข้อมูลในเรื่อง อุณหภูมิ ความดัน ระยะเวลา การคิด ปริมาณน้ำที่ระเหยออกไป การแข็งตัวของปูนปลาสเตอร์ที่ได้และสภาพปัญหาอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการศึกษาทดลองในแต่ละครั้ง นำตัวอย่างที่ผลิตได้มาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำผลึกด้วยวิธี ASTM C471-76 (Chemical Analysis of Gypsum and Gypsum Products) เพื่อให้ทราบว่าตัวอย่างที่ผลิตได้เป็นปูนปลาสเตอร์หรือไม่ โดยยังไม่ได้วิเคราะห์คุณสมบัติและสมบัติต่าง ๆ เพราะตัวอย่างน้อยเกินไป

3.4.2.2 ทดลองผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาโดยใช้ตัวอย่างมากขึ้นครั้งละ 1,000–2000 กรัม ให้ความร้อนภายใต้ความดัน เพื่อไล่น้ำผลึกออกในหม้อนึ่งอัด ใช้ข้อมูลในข้อ 3.4.2.1 เกี่ยวกับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมกับตัวอย่าง อุณหภูมิ ความดัน ระยะเวลาและอื่น ๆ เป็นแนวทางในการศึกษาทดลองในขั้นนี้เพื่อให้ได้ปูนปลาสเตอร์เพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์หาสมบัติต่างๆ เปรียบเทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาที่มีขายในตลาดและเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 188-2527 ของปูนปลาสเตอร์

3.4.3 การวินิจฉัยปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เพื่อให้ทราบว่าเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาหรือชนิดบีตา โดยเปรียบเทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาที่มีจำหน่ายในตลาด

3.4.3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาและเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนปลาสเตอร์ มอก.188-2527 ดังนี้

- น้ำหนักแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ,ร้อยละ
- น้ำหนักรวมของเกลือโซเดียมและเกลือแมกนีเซียมที่ละลายได้เมื่อคิดเป็นน้ำหนักของ ($\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO}$),ร้อยละ
- น้ำหนักซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ,ร้อยละ
- น้ำหนักของคลอไรด์เมื่อคิดเป็นน้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl),ร้อยละ
- การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (loss on ignition)
ต่ำสุด ,ร้อยละ
สูงสุด ,ร้อยละ

โดยใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence spectrometer

3.4.3.2 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและบีตาที่มีขายในตลาดโดยทดสอบ ความชื้นเหลวมาตรฐาน , ขนาดอนุภาค , Scanning electron microscope (SEM)

- ความชื้นเหลวมาตรฐาน
 - นำตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้จากข้อ 3.4.2.2 ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามาทดสอบค่าความชื้นเหลวมาตรฐาน ตามวิธี มอก. 188-2527
- ขนาดอนุภาค
 - นำตัวอย่างที่ผลิตได้จากข้อ 3.4.2.2 ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามาวิเคราะห์โดยเครื่อง Coulter LS Particle Size Analysis
- Scanning electron microscope
 - นำตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้จากข้อ 3.4.2.2 ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาไปตรวจวิเคราะห์การเรียงตัวของแร่ด้วยเครื่อง Scanning electron microscope

3.4.3.3 วิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะ(characteristic) ของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา ด้วยวิธีต่อไปนี้

- วิเคราะห์ด้วยวิธี Differential thermal analysis (DTA)

- นำปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้จากข้อ 3.4.2.2 ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามาบดแล้ววิเคราะห์ด้วยวิธี Differential thermal analysis (DTA)

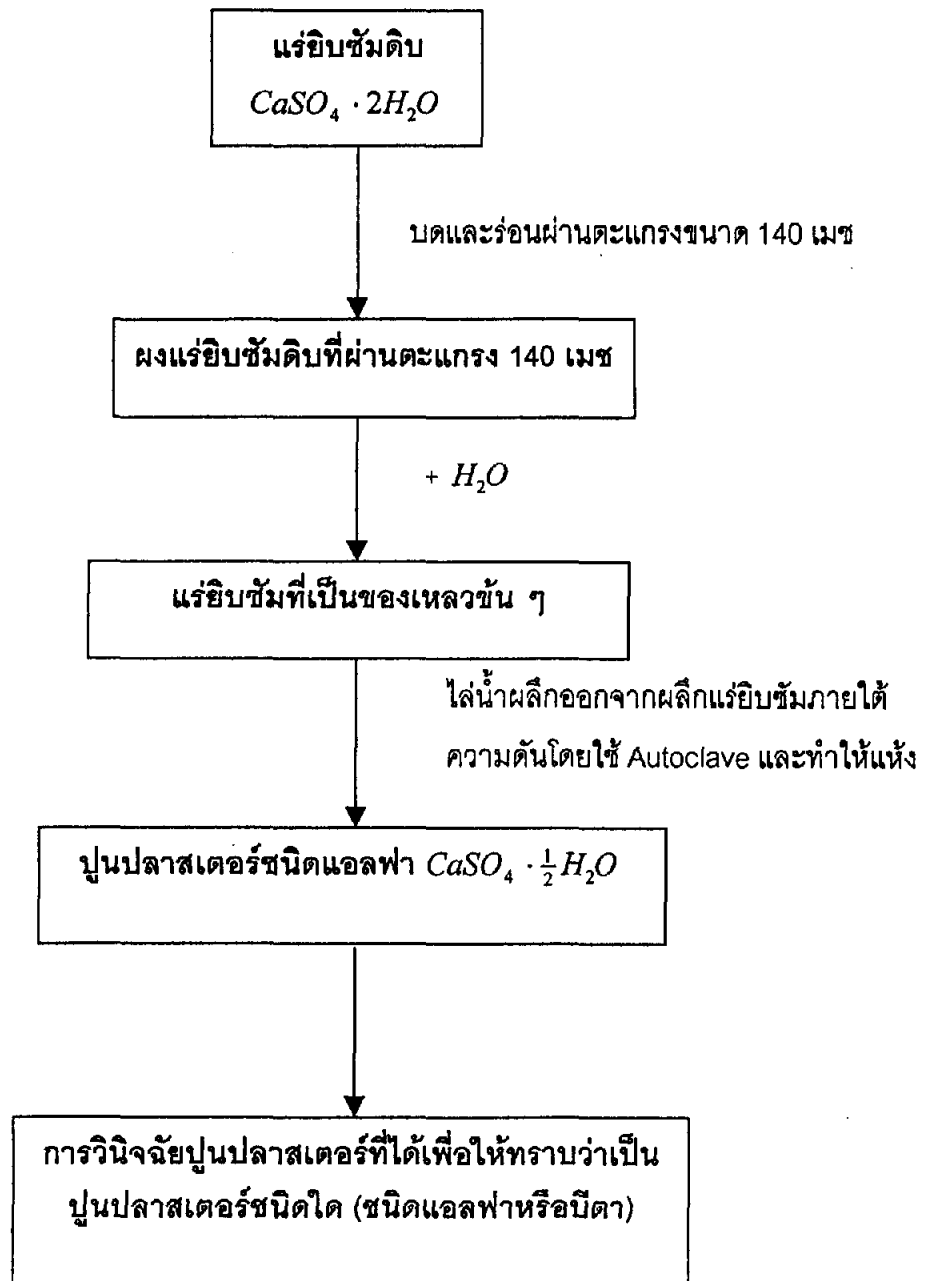
- วิเคราะห์ด้วย Infra-red spectrophotometry (IR)

- นำตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้จากข้อ 3.4.2.2 ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา และตัวอย่างเปรียบเทียบมาบดแล้วนำไปวิเคราะห์โดย Infra-red spectrophotometry (IR)

3.4.3.4 การทดสอบการใช้งาน

ทดสอบการใช้งานโดยนำปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้จากข้อ 3.4.2.2 ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาไปทดลองทำแบบแม่พิมพ์

แผนผังแสดงการผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแรยิบซั่ม



บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่นำมาศึกษาวิจัยผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่ยิบซัม แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างแร่ยิบซัม

ความชื้น , ร้อยละ	17.7
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) , ร้อยละ	34.85
น้ำหนักของเกลือโซเดียมและเกลือแมกนีเซียม ที่ละลายได้เมื่อคิดเป็นน้ำหนัก ($\text{Na}_2\text{O}+\text{MgO}$), ร้อยละ	0.072
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) , ร้อยละ	42.63
น้ำหนักคลอไรด์เมื่อคิดเป็นน้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) , ร้อยละ	0.07

ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 1 ปรากฏว่าตัวอย่างแร่ยิบซัมมีปริมาณความชื้นสูงร้อยละ 17.7 และมีปริมาณแคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) ร้อยละ 77.48 ซึ่งเมื่อคิดเป็นแร่ยิบซัมจะมีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 98 (แร่ยิบซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) น้ำหนักโมเลกุล 172.1 มีปริมาณแคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) น้ำหนักโมเลกุล 136 หรือคิดเป็นร้อยละ 79.0 ดังนั้นตัวอย่างแร่ยิบซัมที่มีปริมาณแคลเซียมซัลเฟตร้อยละ 77.48 จึงคิดเป็นแร่ยิบซัมมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 98) ซึ่งเหมาะสำหรับนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยต่อไป

4.2 การผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิบซั่ม

4.2.1 ผลการทดลองผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาโดยใช้ตัวอย่างครั้งละ 100 กรัม แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการศึกษาทดลองผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิบซั่ม
ตัวอย่างละ 100 กรัม ไล่ความร้อนในหม้อนึ่งอัด

ตัวอย่าง หมายเลข	ปริมาณน้ำที่ ใช้ผสม (ลบ.ซม.)	เวลาที่ใช้ในการผลิต (ซม.)	อุณหภูมิที่ใช้ ในการผลิต (^o ซ)	ปริมาณน้ำที่ ระเหยออกไปใน การผลิต(ร้อยละ)	ปริมาณน้ำผลึก ของตัวอย่างที่ ผลิตได้ (ร้อยละ)
A ₁	–	1.30	121	2.66	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₂	–	2.30	121	13.23	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₃	–	3.30	121	13.80	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₄	30	1.30	121	2.24	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₅	30	2.30	121	5.06	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₆	30	3.30	121	11.80	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₇	40	1.30	121	9.00	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₈	40	2.30	121	15.60	6.2
A ₉	40	3.30	121	16.00	6.0
A ₁₀	50	1.30	121	15.00	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₁₁	50	2.30	121	15.70	6.2
A ₁₂	50	3.30	121	16.30	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₁₃	–	1.30	126	6.01	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₁₄	–	2.30	126	7.04	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₁₅	–	3.30	126	10.70	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₁₆	30	1.30	126	8.10	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₁₇	30	2.30	126	10.50	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₁₈	30	3.30	126	12.70	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₁₉	40	1.30	126	7.00	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₂₀	40	2.30	126	17.20	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₂₁	40	3.30	126	17.90	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₂₂	50	1.30	126	6.80	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₂₃	50	2.30	126	17.10	ไม่ได้วิเคราะห์
A ₂₄	50	3.30	126	17.80	ไม่ได้วิเคราะห์

จากตารางที่ 2 พบว่าในการทดลองผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาครั้งละ 100 กรัม สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโดยที่สามารถได้น้ำผลึกออกไปประมาณร้อยละ 15.6-16 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ น้ำหนักโมเลกุล 172.1 กรัม เมื่อเป็น $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ น้ำหนักโมเลกุล 145.1 กรัม น้ำหนักหายไป 27 กรัม หรือเท่ากับร้อยละ 15.6) คือ

สัดส่วนของแรยิบซัมต่อน้ำที่ใช้ผสมคือ 100 กรัม ต่อ 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร
ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการผลิต 2 ชั่วโมง 30 นาที

ซึ่งในการทดลองนี้ตัวอย่าง A_8 เป็นตัวอย่างที่ทดลองได้ตามที่กล่าวมา คือ สามารถได้น้ำผลึกออกได้ร้อยละ 15.6 และเมื่อนำตัวอย่างที่ผลิตได้มาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำผลึกตามวิธี ASTM C471-76 (Chemical Analysis of Gypsum and Gypsum Products) ได้ปริมาณน้ำผลึกร้อยละ 6.2 คิดเป็นน้ำผลึกได้ครึ่งโมเลกุล ตัวอย่างเป็นปูนปลาสเตอร์ ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) น้ำหนัก โมเลกุล 145.1 กรัม ประกอบด้วย H_2O ครึ่งโมเลกุล คิดเป็น 9.0 กรัม หรือเท่ากับร้อยละ 6.2) ส่วนตัวอย่างอื่น

ตัวอย่าง A_5 ที่ผลิตโดยปริมาณน้ำที่ใช้ผสมน้อยกว่า 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการผลิต 2 ชั่วโมง 30 นาที สามารถได้น้ำผลึกออกได้เพียงร้อยละ 5.06 ตัวอย่างที่ผลิตได้จึงไม่เป็นปูนปลาสเตอร์

ตัวอย่าง A_{11} ที่ผลิตโดยใช้น้ำสำหรับผสม 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการผลิต 2 ชั่วโมง 30 นาที สามารถได้น้ำผลึกออกไปได้ร้อยละ 15.7 จัดว่าใช้ได้

ตัวอย่าง A_{19} ที่ผลิตโดยใช้น้ำที่ผสม 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 121 องศาเซลเซียส คือ 126 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการผลิตน้อยกว่า 2 ชั่วโมง 30 นาที ปริมาณน้ำผลึกระเหยไปเพียงร้อยละ 7.00 ตัวอย่างที่ได้ไม่เป็นปูนปลาสเตอร์

ตัวอย่าง A_{20} ที่ผลิตโดยใช้น้ำที่ผสม 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 121 องศาเซลเซียส คือ 126 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการผลิต 2 ชั่วโมง 30 นาที ปริมาณน้ำผลึกระเหยไปถึงร้อยละ 17.20 ซึ่งทำให้ตัวอย่างที่ได้มีน้ำผลึกไม่ถึงครึ่งโมเลกุล ตัวอย่างที่ได้ไม่เป็นปูนปลาสเตอร์ ดังนั้นสภาวะที่กล่าวข้างต้นจึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา

4.2.2 ผลการทดลองทดลองผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาโดยใช้ตัวอย่างมากขึ้น แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการศึกษาดทดลองผลิตปูนปลาสเตอร์ (α - ยิบซั่ม) ครั้งละ 1,000-2,000 กรัม

ตัวอย่าง หมายเลข	ปริมาณ ตัวอย่าง (กรัม)	ปริมาณน้ำที่ใช้ ผสมตัวอย่าง (ลบ.ซม.)	เวลาที่ใช้ในการ ผลิตปลาสเตอร์ (ซม.)	อุณหภูมิที่ ใช้ในการ ผลิต($^{\circ}$ ซ)	ปริมาณน้ำที่ ระเหยออกไปจาก การผลิต (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำผลึก ของตัวอย่างที่ ผลิตได้ (ร้อยละ)
B ₁	1,000	400	1.30	121	9.34	ไม่ได้วิเคราะห์
B ₂	1,000	400	2.30	121	15.60	6.58
B ₃	1,000	400	3.30	121	17.36	7.63
B ₄	1,000	400	1.30	126	12.46	ไม่ได้วิเคราะห์
B ₅	1,000	400	2.30	126	15.68	7.7
B ₆	1,000	400	3.30	126	16.76	7.31
B ₇	1,500	600	1.30	121	5.96	ไม่ได้วิเคราะห์
B ₈	1,500	600	2.30	121	6.00	ไม่ได้วิเคราะห์
B ₉	1,500	600	3.30	121	6.52	ไม่ได้วิเคราะห์
B ₁₀	1,500	600	1.30	126	5.70	ไม่ได้วิเคราะห์
B ₁₁	1,500	600	2.30	126	6.02	ไม่ได้วิเคราะห์
B ₁₂	1,500	600	3.30	126	6.49	ไม่ได้วิเคราะห์
B ₁₃	2,000	800	1.30	121	5.31	ไม่ได้วิเคราะห์
B ₁₄	2,000	800	2.30	121	6.07	ไม่ได้วิเคราะห์
B ₁₅	2,000	800	3.30	121	7.08	ไม่ได้วิเคราะห์
B ₁₆	2,000	800	1.30	126	5.25	ไม่ได้วิเคราะห์
B ₁₇	2,000	800	2.30	126	5.55	ไม่ได้วิเคราะห์
B ₁₈	2,000	800	3.30	126	7.42	ไม่ได้วิเคราะห์

หมายเหตุ วิเคราะห์หาปริมาณน้ำผลึกเฉพาะตัวอย่าง B₂ , B₃ , B₅ และ B₆ ตามวิธี ASTM C471-76 (Chemical Analysis of Gypsum and Gypoum Products)

ผลการศึกษาดทดลองในตารางที่ 3 พบว่าตัวอย่าง B₂ เป็นตัวอย่างที่ผลิตได้เป็นปูนปลาสเตอร์ก่สาวคือน้ำผลึกใน
 แรยิบซั่มซึ่งมีอยู่ 2 โมเลกุลระเหยไปร้อยละ 15.6 เหลือน้ำผลึกอยู่ประมาณครึ่งโมเลกุลหรือร้อยละ 6.5 เป็นปูน
 ปลาสเตอร์ (CaSO₄·2H₂O น้ำหนักโมเลกุล 172.1 กรัม เมื่อเป็น CaSO₄·1/2H₂O น้ำหนักโมเลกุล 145.1 กรัม น้ำหนักหายไป
 27 กรัม หรือเท่ากับร้อยละ 15.6 เหลือน้ำผลึก 1/2H₂O โมเลกุล เท่ากับ 9.0 กรัม คิดเป็นร้อยละ 6.2)

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิต

สัดส่วนของแร่ดิบขี้ต้อน้ำที่ใช้ผสมคือ 1,000 ต่อ 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร
ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการผลิต 2 ชั่วโมง 30 นาที

4.3 การวินิจฉัยปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เพื่อให้ทราบว่าเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดใด (ชนิดแอลฟาหรือชนิดบีตา) โดยเปรียบเทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาที่จำหน่ายในตลาด

4.3.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาและเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 188-2527 ของปูนปลาสเตอร์แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 188-2527

คุณลักษณะ	ปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ ตัวอย่างหมายเลข				ปูน ปลาสเตอร์ ชนิด แอลฟา	ปูน ปลาสเตอร์ ชนิดบีตา	ปูนปลาสเตอร์ ตาม มอก. 188- 2527
	B ₂	B ₃	B ₅	B ₆			
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) , ร้อยละ	42.5	40.9	41.8	43.1	41.5	33.9	ต่ำสุดร้อยละ 2/3 ของ SO ₃
น้ำหนักรวมของเกลือโซเดียมและ เกลือแมกนีเซียมที่ละลายได้เมื่อ คิดเป็นน้ำหนักของ (Na ₂ O+MgO), ร้อยละ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	สูงสุดร้อยละ 0.6
น้ำหนักซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃) ,ร้อยละ	48.6	47.9	46.9	46.1	50.4	40.1	ต่ำสุดร้อยละ 35
น้ำหนักของคลอไรด์เมื่อคิดเป็น น้ำหนักของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl), ร้อยละ	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	1.05	สูงสุดร้อยละ 0.2
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการ เผา (loss on ignition)	6.58	7.63	7.70	7.31	6.14	6.8	ต่ำสุดร้อยละ 4 สูงสุดร้อยละ 9

จากตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ องค์ประกอบทางเคมีของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้แต่ละตัวอย่างว่า ไม่แตกต่างกันมากนักเพราะผลิตจากวัตถุดิบเดียวกันและมีค่าใกล้เคียงกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและชนิดบีตา โดยมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดว่าปูนปลาสเตอร์ตาม มอก. 188-2527 จะต้องมามีปริมาณแคลเซียมออกไซด์มากกว่าร้อยละ 2 ใน 3 ของปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ มีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ไม่เกินร้อยละ 0.2 และการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาอยู่ระหว่างร้อยละ 4 ถึง 9

4.3.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและบีตาที่มีขายในตลาดโดยนำตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตตามสภาวะการผลิตเช่นเดียวกับตัวอย่างหมายเลข B₂ ในข้อ 4.2.2 ตารางที่ 3 จำนวน 9 ตัวอย่าง หมายเลข C₁ - C₉ มาวิเคราะห์ค่าความชื้นเหลวมาตรฐาน , ขนาดอนุภาค , Scanning electron microscope (SEM)

4.3.2.1 การวิเคราะห์ค่าความชื้นเหลวมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นเหลวมาตรฐาน แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าความชื้นเหลวมาตรฐานของปูนปลาสเตอร์

ตัวอย่างหมายเลข	ความชื้นเหลวมาตรฐาน
C ₁	42.5
C ₂	42.5
C ₃	40.5
C ₄	39.5
C ₅	40.0
C ₆	37.5
C ₇	42.0
C ₈	40.0
C ₉	38.5
ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา	35.0
ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา	65.0

จากตารางที่ 5 พบว่าความชื้นเหลวมาตรฐานของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้อยู่ระหว่าง 37.5-42.5 ส่วนค่าความชื้นเหลวมาตรฐานของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาเท่ากับ 35.0 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้มีค่าความชื้นเหลวใกล้เคียงกับของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา แต่มีค่าแตกต่างเป็นนัยสำคัญกับค่าความชื้นเหลวมาตรฐานของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา ซึ่งมีค่าความชื้นเหลวมาตรฐานสูงถึง 65.0

4.3.2.2 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาค

ผลการวิเคราะห์หาขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาและปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ด้วยเครื่องวิเคราะห์หาขนาดอนุภาค (Particle size analysis) พบว่าขนาดอนุภาคของตัวอย่างทั้งสามมีค่าระหว่าง 0.4 - 100 ไมโครเมตร และขนาดของอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจะใหญ่กว่าขนาดอนุภาคชนิดบีตาตัวอย่างเช่น เมื่อใช้ขนาดอนุภาค 15.31 ไมโครเมตร เป็นเกณฑ์

- ขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาที่ใหญ่กว่า 15.31 ไมโครเมตร มีปริมาณร้อยละ 62.67 ดังแสดงในภาพที่ 1
- ขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาที่ใหญ่กว่า 15.31 ไมโครเมตร มีปริมาณร้อยละ 13.26 ดังแสดงในภาพที่ 2
- ขนาดอนุภาคของตัวอย่างหมายเลข C₁ ที่ใหญ่กว่า 15.31 ไมโครเมตร มีปริมาณร้อยละ 55.05 ดังแสดงในภาพที่ 3
- ขนาดอนุภาคของตัวอย่างหมายเลข C₂ ที่ใหญ่กว่า 15.31 ไมโครเมตร มีปริมาณร้อยละ 61.75 ดังแสดงในภาพที่ 4
- ขนาดอนุภาคของตัวอย่างหมายเลข C₅ ที่ใหญ่กว่า 15.31 ไมโครเมตร มีปริมาณร้อยละ 64.70 ดังแสดงในภาพที่ 5
- ขนาดอนุภาคของตัวอย่างหมายเลข C₆ ที่ใหญ่กว่า 15.31 ไมโครเมตร มีปริมาณร้อยละ 59.76 ดังแสดงในภาพที่ 6
- ขนาดอนุภาคของตัวอย่างหมายเลข C₇ ที่ใหญ่กว่า 15.31 ไมโครเมตร มีปริมาณร้อยละ 65.44 ดังแสดงในภาพที่ 7
- ขนาดอนุภาคของตัวอย่างหมายเลข C₈ ที่ใหญ่กว่า 15.31 ไมโครเมตร มีปริมาณร้อยละ 55.81 ดังแสดงในภาพที่ 8

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาที่ใหญ่กว่า 15.31 ไมโครเมตร มีปริมาณถึงร้อยละ 62.67 ในขณะที่ขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาที่ใหญ่กว่า 15.31 ไมโครเมตร มีปริมาณเพียงร้อยละ 13.26

สำหรับขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้จำนวน 6 ตัวอย่าง คือ C₁, C₂, C₅, C₆, C₇, และ C₈ มีขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่า 15.31 ไมโครเมตร ร้อยละ 55.05, 61.75, 64.70, 59.76, 65.44 และ 55.81 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา และมีค่าแตกต่างมากกับค่าของขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา แสดงให้เห็นว่าปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้น่าจะเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา

4.3.2.3 การวิเคราะห์ด้วย Scanning electron microscope (SEM)

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา ด้วยเครื่อง Scanning electron microscope (SEM) พบว่า

- ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามีลักษณะรวมตัวกันเป็นก้อน ๆ (ดังแสดงในรูปที่ 1)
- ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟามีลักษณะเป็นแท่งสั้น ๆ , อัดแน่น (ดังแสดงในรูปที่ 2)
- ปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นแท่งสั้น ๆ , อัดแน่น (ดังแสดงในรูปที่ 3)

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้มีลักษณะการเรียงตัวของแร่ใกล้เคียงกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา

4.3.3 วิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะ (characteristic) ของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา

4.3.3.1 Differential thermal analysis (DTA)

ผลการวิเคราะห์พบว่า

- ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา มีการดูดกลืนความร้อนที่อุณหภูมิในช่วงตั้งแต่ 100 – 165 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดที่มีการดูดกลืนความร้อนเท่ากับ 153.5 องศาเซลเซียส
- ปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ตัวอย่างหมายเลขปฏิบัติการ SW 722 มีการดูดกลืนความร้อนที่อุณหภูมิในช่วงตั้งแต่ 100 – 155 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดที่มีการดูดกลืนความร้อนเท่ากับ 142.5 องศาเซลเซียส (ดังแสดงในภาพที่ 9)
- ปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ตัวอย่างหมายเลขปฏิบัติการ SW 727 มีการดูดกลืนความร้อนที่อุณหภูมิในช่วงตั้งแต่ 100–155 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดที่มีการดูดกลืนความร้อนเท่ากับ 145 องศาเซลเซียส (ดังแสดงในภาพที่ 9)

จากข้อมูลที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ , ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา และปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา ทั้ง 3 ชนิดมีการดูดกลืนความร้อนในช่วงอุณหภูมิใกล้เคียงกันและอุณหภูมิสูงสุดที่มีการดูดกลืนความร้อนก็ยิ่งใกล้เคียงกันอีกด้วย และกราฟของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟากับกราฟของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาไม่มีความแตกต่างกันเป็นนัยสำคัญที่จะบ่งชี้ได้ รวมทั้งกราฟของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ก็ไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดใด

4.3.3.2 Infra-red spectroscopy (IR)

ผลการวิเคราะห์พบว่า

- IR Spectrum ของแร็บบัซมีดิมมีแถบดูดซับ (absorption band) ที่ตำแหน่ง 3553 , 3421 , 2256 , 1145, 671 และ 608 (ดังแสดงในภาพที่ 10)
- IR Spectrum ของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้มีแถบดูดซับ (absorption band) ที่ตำแหน่ง 3619 , 3443 , 2147 , 1626 , 1154 , 660 และ 612 (ดังแสดงในภาพที่ 11)
- IR Spectrum ของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาที่ซื้อมามีแถบดูดซับ (absorption band) ที่ตำแหน่ง 3611 , 3480, 2147 , 1623 , 1165 , 671 และ 608 (ดังแสดงในภาพที่ 12)
- IR Spectrum ของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามีแถบดูดซับ (absorption band) ที่ตำแหน่ง 3604 , 3458 , 2139 , 1626 , 1169 , 1158 , 663 และ 605 (ดังแสดงในภาพที่ 13)

ผลการวิเคราะห์ด้วย IR Spectrum ที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า IR Spectrum ของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา และปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาไม่มีความแตกต่างเป็นนัยสำคัญที่จะบ่งชี้ได้ รวมทั้ง IR Spectrum ของตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ก็ไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดใด

4.3.4 การทดสอบการใช้งาน

ผลการทดสอบการใช้งานโดยนำปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาไปทำแบบแม่พิมพ์ (mould) ดังนี้

- แบบแม่พิมพ์ที่ทำจากปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ไม่มีพรุน มีความแข็งแรงสูง ดูดซึมน้ำได้น้อย ดังแสดงในรูปที่ 4
- แบบแม่พิมพ์ที่ทำจากปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาไม่มีพรุน มีความแข็งแรงสูง ดูดซึมน้ำได้น้อย ดังแสดงในรูปที่ 5
- แบบแม่พิมพ์ที่ทำจากปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามีพรุน มีความแข็งแรงต่ำ ดูดซึมน้ำได้มาก ดังแสดงในรูปที่ 6

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้มีสมบัติใกล้เคียงกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา และแตกต่างจากปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา แสดงว่าปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้น่าจะเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษาวิจัย

5.1 การศึกษาหาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ (แร่ยิปซัมดิบ) สำหรับนำมาผลิตเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาพบว่าแร่ยิปซัมมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 17.7 ทำให้การเตรียมตัวอย่างสำหรับนำไปผลิตเป็นปูนปลาสเตอร์ ซึ่งจะต้องบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 140 เมช ทำได้ค่อนข้างลำบากเพราะตัวอย่างมีความหนัก ตัวอย่างมีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 34.85 , ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ร้อยละ 42.63 และโซเดียมคลอไรด์เพียงร้อยละ 0.07 เมื่อคิดเป็นประมาณแคลเซียมซัลเฟตจะมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 77.48 ซึ่งคิดเป็นแร่ยิปซัมมีความบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ 98 เหมาะที่จะนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นปูนปลาสเตอร์ เพราะถ้าแร่ยิปซัมมีสิ่งเจือปนที่ไม่ต้องการอยู่มากเกินไปจะทำให้ความร้อนเข้าสู่เม็ดยิปซัมไม่ทั่วถึงสม่ำเสมอ บางครั้งความร้อนสูงไป บางครั้งความร้อนต่ำไปน้ำสลักก็จะระเหยได้ไม่สม่ำเสมอ ปูนปลาสเตอร์ที่ได้ก็ไม่ดี

5.2 การทดลองผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิปซัม

5.2.1 ทดลองเบื้องต้นผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาโดยใช้ตัวอย่างเพียงครั้งละ 100 กรัมเพื่อเป็นข้อมูลในการผลิตครั้งละมาก ๆ ต่อไป

ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิปซัม โดยที่สามารถได้น้ำสลักออกไปประมาณร้อยละ 15.6 – 16 หรือ 3 ใน 4 ส่วน ทำให้ตัวอย่างแร่ยิปซัมซึ่งมีน้ำสลักอยู่ 2 โมเลกุล ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เหลือน้ำสลักอยู่ครึ่งโมเลกุล ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) เป็นปูนปลาสเตอร์ดังนี้

ปริมาณแร่ยิปซัม : น้ำที่ใช้ผสม คือ	100:40	กรัม:ลูกบาศก์เซนติเมตร
อุณหภูมิ	121	องศาเซลเซียส
ความดัน	15	ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
เวลา	2.30	ชั่วโมง

และในการผลิตจะต้องนำตัวอย่างแร่ยิปซัมที่ผ่านการบดเป็นผงมาผสมกับน้ำให้เป็นของเหลวชั้น ๆ เพื่อให้ น้ำที่ใช้ผสมเป็นตัวพาเอาน้ำสลักออกจากผลึกแร่ยิปซัมจาก 2 โมเลกุลให้เหลือเพียงครึ่งโมเลกุลเป็นปูนปลาสเตอร์

5.2.2 การทดลองใช้ตัวอย่างในการผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิบซัมมากขึ้น เพื่อให้ได้ปูนปลาสเตอร์เพียงพอที่จะนำไปวินิจฉัยว่าเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาหรือปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา โดยเปรียบเทียบกับเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาที่มีขายในตลาด

ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิบซัม โดยที่สามารถไล่น้ำผลึกออกไปประมาณร้อยละ 15.6 – 16 หรือ 3 ใน 4 ส่วน ทำให้ตัวอย่างแร่ยิบซัมซึ่งมีน้ำผลึกอยู่ 2 โมเลกุล ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เหลือน้ำผลึกอยู่ครึ่งโมเลกุล ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) เป็นปูนปลาสเตอร์ดังนี้

ปริมาณแร่ยิบซัม : น้ำที่ใช้ผสม คือ	1000:400	กรัม:ลูกบาศก์เซนติเมตร
อุณหภูมิ	121	องศาเซลเซียส
ความดัน	15	ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
เวลา	2.30	ชั่วโมง

ในการผลิตที่ใช้ตัวอย่างที่มีปริมาณมากกว่า 1,000 กรัม (B7-B18) ปริมาณน้ำผลึกกระเหยออกไปไม่ถึง 3 ใน 4 ส่วน ตัวอย่างที่ผลิตได้ไม่เป็นปูนปลาสเตอร์ ทั้งนี้เนื่องจากหม้อนิ่งอัด ที่ทดลองมีขนาดเล็กทำให้เมื่อใช้ปริมาณตัวอย่างมาก ๆ ตัวอย่างในส่วนที่อยู่ตอนล่างของภาชนะนั้นน้ำผลึกไม่สามารถระเหยออกไปได้

5.3 การวินิจฉัยปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เพื่อให้ทราบว่าเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดใด (ชนิดแอลฟาหรือชนิดบีตา) โดยเปรียบเทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาที่จำหน่ายในตลาด

5.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาและเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 188-2527 ของปูนปลาสเตอร์ ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา และปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทุกรายการและมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

5.3.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพได้แก่

5.3.2.1 ค่าความชื้นเหลวมาตรฐาน

ผลการทดสอบพบว่า ค่าความชื้นเหลวมาตรฐานของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาต่ำกว่าค่าความชื้นเหลวมาตรฐานของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา กล่าวคือ

- ค่าความชื้นเหลวมาตรฐานปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา เท่ากับ 35
- ค่าความชื้นเหลวมาตรฐานปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา เท่ากับ 65
- และค่าความชื้นเหลวมาตรฐานของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ อยู่ที่ 37.5 – 42.5 แสดงว่าค่าความชื้น

เหลวมาตรฐานของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ใกล้เคียงกับค่าความชื้นเหลวมาตรฐานของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา และห่างไกลจากความชื้นเหลวมาตรฐานของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา

ซึ่ง Offutt , JS and Lambb , CM (1947) กล่าวถึงค่าความชื้นเหลวมาตรฐานของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและชนิดบีตาว่า ค่าความชื้นเหลวมาตรฐานของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาจะสูงกว่าของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา ทั้งนี้เนื่องมาจากกระบวนการผลิตปูนปลาสเตอร์ทั้งสองชนิดแตกต่างกัน กล่าวคือ ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาผลิตโดยการนำเอาแรยิบซัมมาบดให้ละเอียดแล้วให้ความร้อนพอที่จะไล่น้ำผลึกออก จนกระทั่งได้ปูนปลาสเตอร์ การไล่น้ำออกทำให้ความดันปกติของบรรยากาศ อุณหภูมิไม่เกิน 177 องศาเซลเซียส น้ำผลึกจะหลุดออกมาอย่างรุนแรงในรูปของไอน้ำ

ดังนั้นผลึกของแรยิบซัมจึงแตกทำให้ปูนปลาสเตอร์ที่ได้รวมกันเป็นก้อนพูนๆ เวลานำปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามาใช้จะต้องนำมาผสมกับน้ำเพื่อให้เกิดเป็นวัสดุที่แข็ง ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาซึ่งมีรูปพูนในแต่ละอนุภาคก็จะดูดน้ำเข้าไปได้มากกว่าค่าความชื้นเหลวมาตรฐานจึงสูง

ส่วนปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาผลิตโดยการให้ความร้อนเพื่อไล่น้ำผลึกออกภายใต้ความดัน เพิ่มความดันโดยใช้ไอน้ำและให้ความร้อนอุณหภูมิประมาณ 121 องศาเซลเซียส โดยไม่ต้องเขย่า น้ำผลึกของแรยิบซัมจะค่อย ๆ ระบายออกทีละน้อยจึงได้ผลผลิตที่สม่ำเสมอ ขนาดของผลึกจะหนาและค่อนข้างโตไม่มีรูปพูน พื้นผิวเรียบ จึงดูดน้ำได้น้อยค่าความชื้นเหลวมาตรฐานจึงต่ำ

ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ดังกล่าวข้างต้นน่าจะเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา

5.3.2.2 ค่าขนาดอนุภาค

จากผลการวิเคราะห์หาขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาด้วยเครื่องวิเคราะห์หาขนาดอนุภาค (Particle size analysis) พบว่า

- ขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาที่ใหญ่กว่า 15.31 ไมโครเมตรมีปริมาณร้อยละ 62.67
- ขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาที่ใหญ่กว่า 15.31 ไมโครเมตรมีปริมาณร้อยละ 13.26

ซึ่งจะเห็นว่าขนาดอนุภาคสามารถเป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงสมบัติที่แตกต่างกันระหว่างปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา โดยขนาดของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟามีขนาดใหญ่กว่าปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาซึ่งตรงกับข้อเขียนของ Bensted , J. และ Verma , SP. (1972) และเมื่อเปรียบเทียบค่าขนาดอนุภาคของตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้กับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา พบว่าตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้น่าจะเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา

5.3.3 วิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เทียบกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา

5.3.3.1 การทดสอบค่า Differential thermal analysis (DTA)

ผลการทดสอบค่า Differential thermal analysis ตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามี Differential thermogram ไม่แตกต่างกัน โดยทั้งสองตัวอย่างมีการดูดกลืนความร้อนที่อุณหภูมิในช่วงตั้งแต่ 100 – 165 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดที่มีการดูดกลืนความร้อนเท่ากับ 153.5

องศาเซลเซียส ซึ่ง Bensted , J และ Verma , SP (1972) ได้กล่าวว่า ปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจะมีการดูดกลืนความร้อนที่ช่วงอุณหภูมิสูงกว่าปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา ทั้งนี้เนื่องมาจากความแตกต่างของโครงสร้างผลึก ซึ่งปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟามีขนาดของผลึกใหญ่กว่าของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา แต่เมื่อนำเอาปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟามาบดแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Differential thermal analysis จะได้ differential thermogram ไม่แตกต่างจากปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา ดังนั้นวิธี Differential thermal analysis จึงไม่สามารถเป็นดัชนีชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและชนิดบีตาได้ ถ้าตัวอย่างผ่านการบดมาแล้ว และปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ก็ไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดใดโดยวิธี Differential thermal analysis

5.3.3.2 การวิเคราะห์ด้วย Infra –red spectroscopy

ผลการวิเคราะห์ด้วย Infra –red spectroscopy ได้ดังนี้

- Infra-red spectrum ของยิบซัมดิบมีแถบการดูดซับที่ตำแหน่ง 3553,3421,2256,1626,1154,671 และ608
- Infra –red spectrum ของปูนที่ผลิตขึ้นมีแถบดูดซับที่ตำแหน่ง 3619,3443,2147,1626,1154,660 และ612
- Infra –red spectrum ของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟามีแถบดูดซับที่ตำแหน่ง 3600,3480,2147,1623,1165,671 และ 608
- Infra –red spectrum ของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามีแถบดูดซับที่ตำแหน่ง 3604,3458,2139,1626,1169,1158,663 และ 605

จากผลการวิเคราะห์พบว่า

- ตัวอย่างแรยิบซัมดิบมีแถบการดูดซับที่ตำแหน่ง 2256 และตำแหน่ง 671 และเมื่อนำมาผลิตเป็นปูนปลาสเตอร์แถบการดูดซับจะเลื่อนตำแหน่งที่ 2147 และ 660-663
- ตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและชนิดบีตา IR spectrum ไม่มีข้อแตกต่างกันอย่างชัดเจนที่จะเป็นข้อบ่งชี้ได้ซึ่ง Bensted , J และVerma , SP (1972) กล่าวว่า จากผลการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่าปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตามีโครงสร้างที่เหมือนกันและ IR spectrum ของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาที่ผ่านการบดจะเหมือนกับปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา

สรุปคือ ไม่สามารถบอกได้ว่าตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เป็นชนิดใดโดยวิธี Infra –red spectroscopy

5.3.3.3 การตรวจวิเคราะห์ด้วย Scanning electron microscope (SEM)

ผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาและปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ด้วย Scanning electron microscope (SEM) พบว่า

- ผลึกของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา รวมตัวกันเป็นก้อนพรุน ๆ
- ผลึกของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาไม่รวมตัวกันเป็นก้อน มีลักษณะเป็นแท่งอัดแน่นอยู่กระจัดกระจายกัน
- และผลึกของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้มีลักษณะคล้ายกับปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา ทั้งนี้เนื่องจากระบวนการผลิตที่แตกต่างกันดังที่กล่าวในข้อ 5.3.2.1 ทำให้ผลึกของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาและปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาต่างกัน

ดังนั้นตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้น่าจะเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา

5.3.4 การทดสอบการใช้งาน

- การนำปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ไปทำแม่แบบพิมพ์

ผลสามารถใช้ทำแบบแม่พิมพ์ได้ดี มีสมบัติใกล้เคียงกับแม่แบบที่ทำจากปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา โดยที่แม่แบบไม่มีพรุน เนื้อปูนปลาสเตอร์เนียนดี มีค่าความแข็งสูง ดูดซึมน้ำได้น้อย ซึ่งแตกต่างจากแบบแม่พิมพ์ที่ทำจากปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาซึ่งมีพรุน มีค่าความแข็งต่ำ ดูดซึมน้ำมาก

ดังนั้นตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้น่าจะเป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิบซั่มได้ตามวัตถุประสงค์ข้อ 1.2 คือ ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาจากแร่ยิบซั่มโดยการนำเอาแร่ยิบซั่มมาผสมทำให้เป็นของเหลวชั้น ๆ นำไปใส่ลงในหม้อนึ่งอัด (Autoclave) ใส่น้ำลิกออกจากโมเลกุลของแร่ยิบซั่มภายใต้ความดัน เพิ่มความดันด้วยไอน้ำ

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตคือ

ปริมาณแร่ยิบซั่ม : น้ำที่ใช้ผสม คือ	1000:400	กรัม:ลูกบาศก์เซนติเมตร
อุณหภูมิ	121	องศาเซลเซียส
ความดัน	15	ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
เวลา	2.30	ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์ทดสอบความชื้นเหลวมาตรฐาน, ขนาดอนุภาค และการเรียงตัวของแร่ด้วย Scanning electron microscope พบว่าปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้เป็นปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

6.2.1 การเตรียมตัวอย่างใช้เวลาค่อนข้างนานเนื่องจากตัวอย่างมีความหนืดจากน้ำลิกทำให้การอบและการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 140 เมช ใช้เวลานาน

6.2.2 การศึกษาทดลองดังกล่าวเครื่องมือที่ใช้คือ หม้อนึ่งอัด (Autoclave) มีขนาดความจุจำกัดคือ 47 ลิตร เส้นผ่าศูนย์กลางของ chamber 30 เซนติเมตร ลึก 67 เซนติเมตร ทำให้สามารถผลิตตัวอย่างได้เพียงครั้งละ 1,000 กรัม เพราะถ้าใช้ตัวอย่างมากกว่านี้ น้ำลิกของตัวอย่างที่อยู่ด้านล่างจะไม่สามารถระเหยออกไปได้

6.3 ข้อเสนอแนะ

หม้อนึ่งอัด (Autoclave) ที่ใช้ในการผลิตควรจะมีขนาดใหญ่กว่านี้และควรเป็นชนิดที่หมุนได้ เพื่อให้ตัวอย่างได้รับความร้อนทั่ว ๆ กัน ปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้จะมีสมบัติที่สม่ำเสมอ

เอกสารอ้างอิง

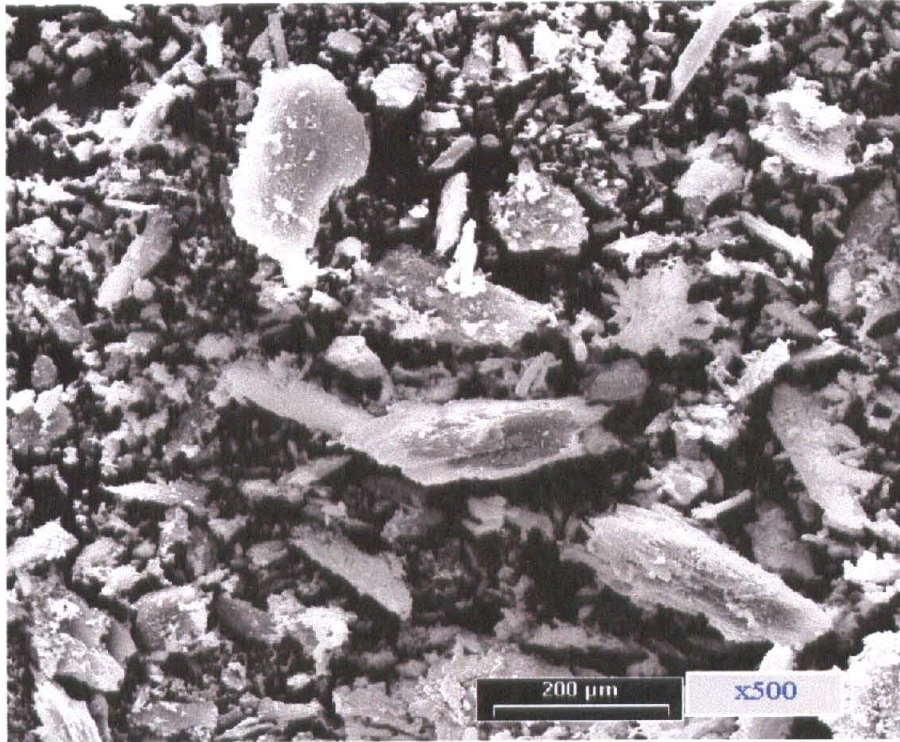
- Bensted, J., and Varmar, SP., Investigation of the α and β forms of calcium sulphate hemihydrate. *Cement Technology*, March / April, 1972. vol.3, no.2, p.67-70.
- Harold, J. Schroeder, *Mineral Facts and Problems*. Gypsum. 1970, p.1039-1048.
- Khalil, AA.,and Saniour, SH. Synthesis of gypsum plasters for dental uses. *Interceram*. November, 1996, Vol.45, No.6, p.416-418.
- Offutt, JS., and Lambe, CM. Plaster and gypsum cements for the ceramic industry. *The American Ceramic Society Bulletin* Vol. 26 , No. 2 , February 15,1947, no.2, p.29-36.
- Worner, HK. Continuous production of alpha plaster. *Int. Cl.C04 b 1 / 04*. US. Patent 3,437,330. 1969-04-08.
- Kudo, Y., and Iwaki. Process for producing α -form gypsum hemihydrate. US. Patent 4,842,842. 1989-06-27.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้าง ม.อ.ก. 188. กรุงเทพฯ : สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2519.

ภาคผนวก

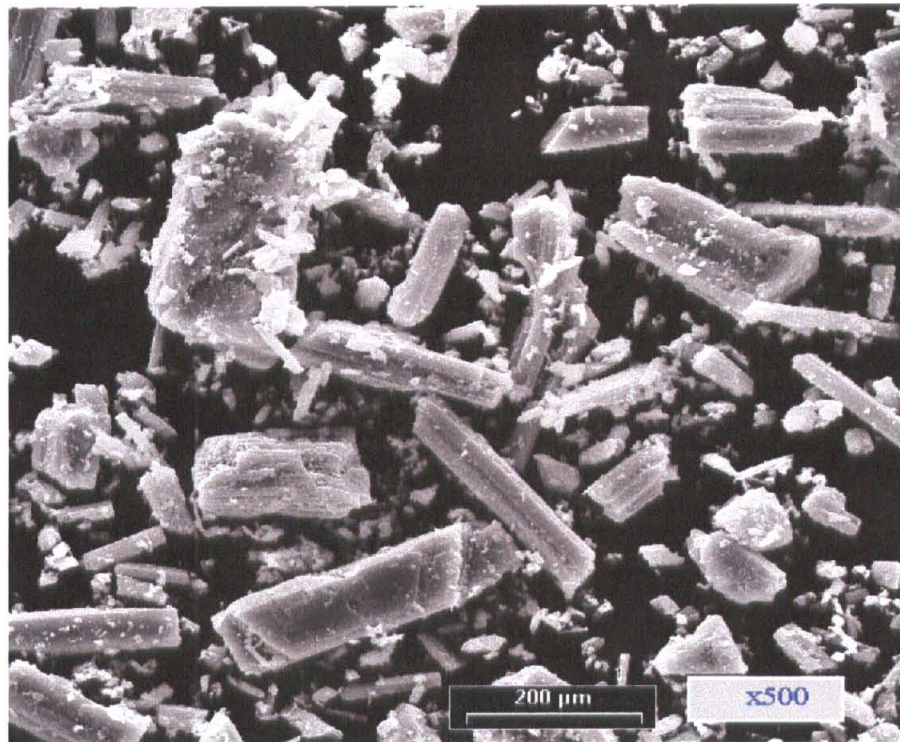
ภาคผนวก ก.

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1	แสดงรูปถ่ายของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาด้วย Scanning electron microscope.....	27
รูปที่ 2	แสดงรูปถ่ายของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟาด้วย Scanning electron microscope.....	27
รูปที่ 3	แสดงรูปถ่ายของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ด้วย Scanning electron microscope.....	28
รูปที่ 4	แสดงรูปถ่ายแบบแม่พิมพ์ที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้.....	28
รูปที่ 5	แสดงรูปถ่ายแบบแม่พิมพ์ที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา.....	29
รูปที่ 6	แสดงรูปถ่ายแบบแม่พิมพ์ที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา.....	29



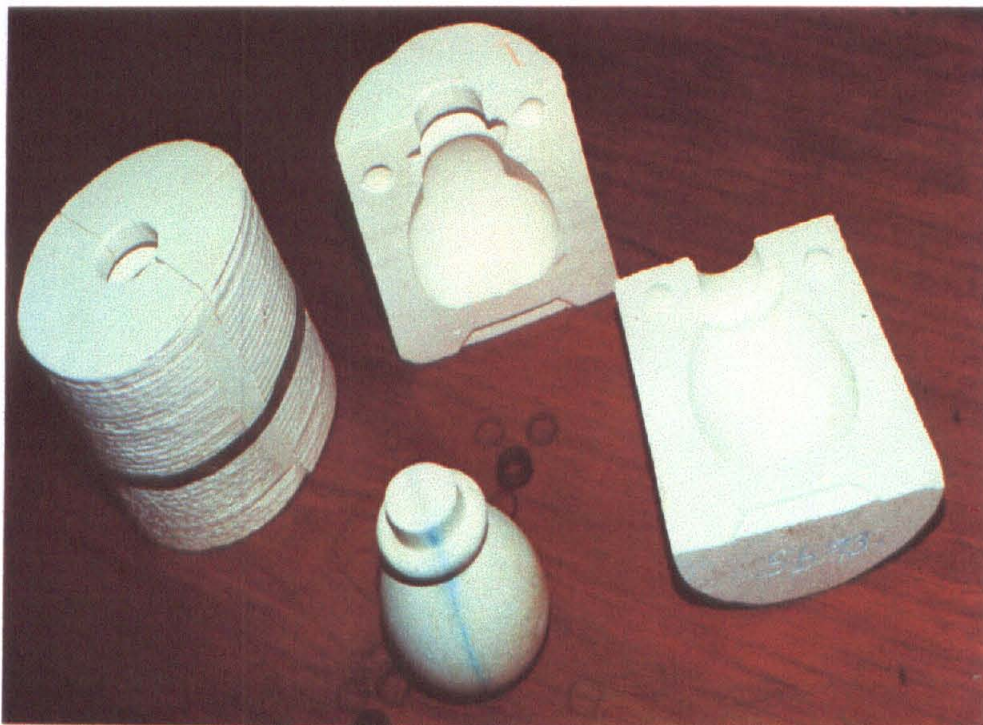
รูปที่ 1 แสดงภาพรูปของพูนพลาสติกชนิดบีตาด้วย Scanning electron microscope



รูปที่ 2 แสดงรูปถ่ายของพูนพลาสติกชนิดแอลฟาด้วย Scanning electron microscope



รูปที่ 3 แสดงรูปถ่ายของปูนพลาสติกที่ผลิตได้ด้วย Scanning electron microscope



รูปที่ 4 แสดงรูปถ่ายแบบแม่พิมพ์ที่ทำด้วยปูนพลาสติกที่ผลิตได้



รูปที่ 5 แสดงรูปถ่ายแบบแม่พิมพ์ที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา

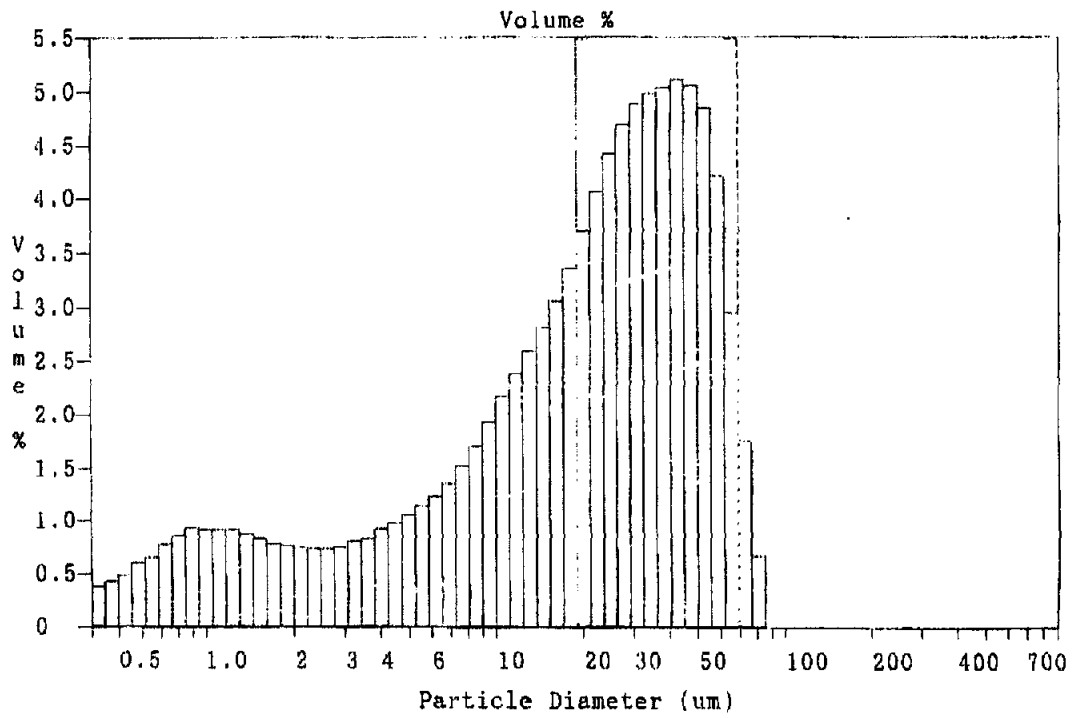


รูปที่ 6 แสดงรูปถ่ายแบบแม่พิมพ์ที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา

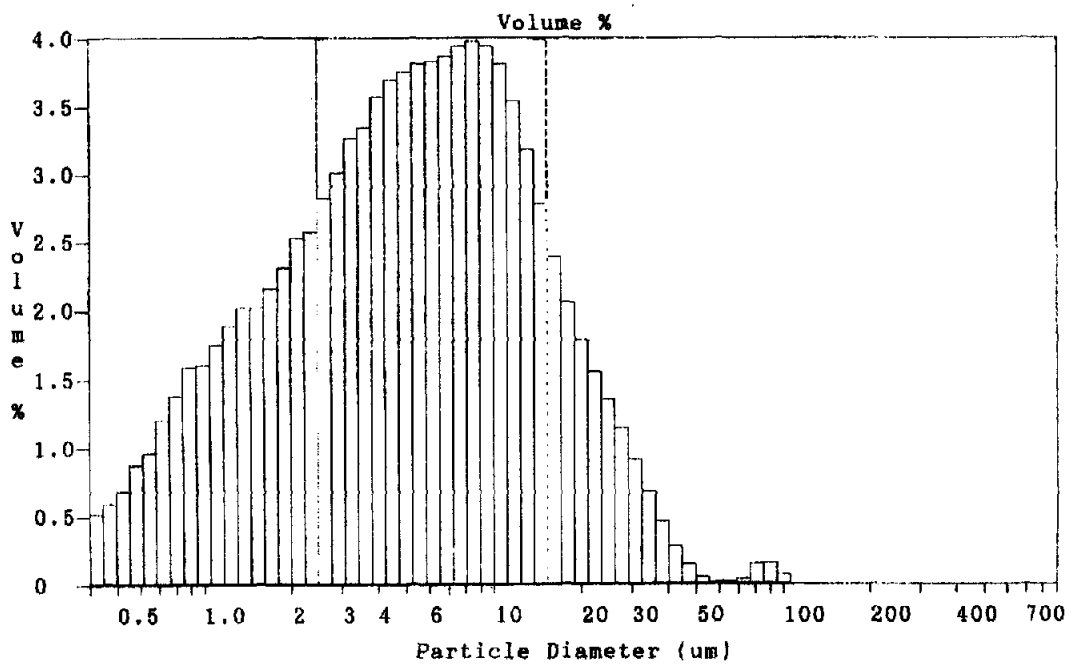
ภาคผนวก ข

สารบัญภาพ

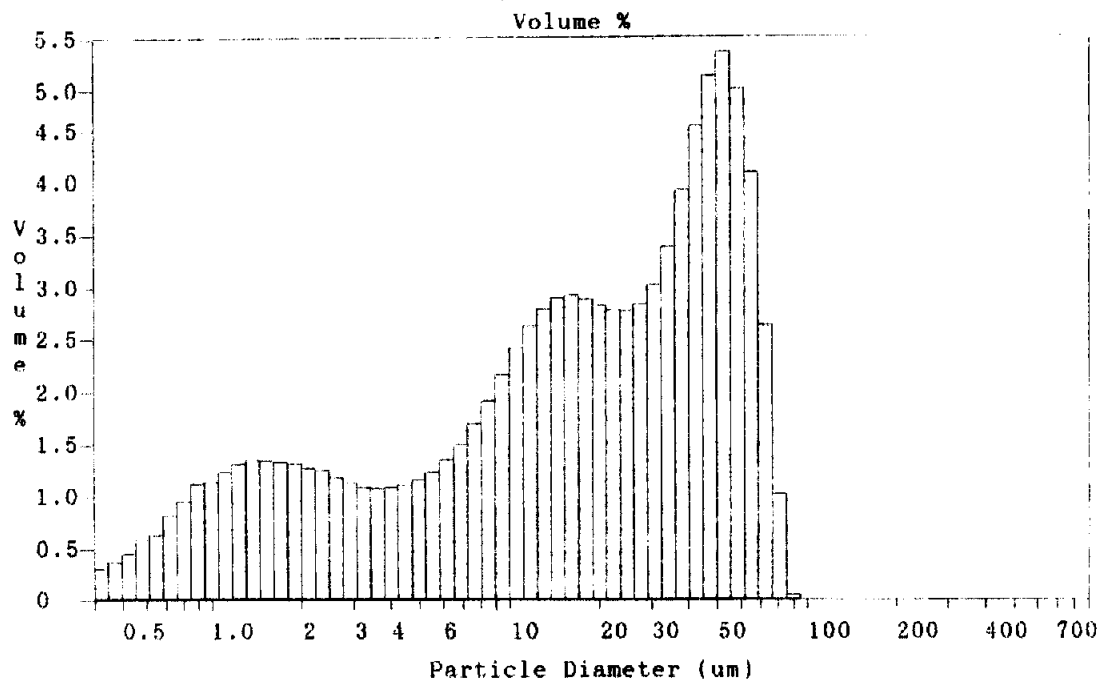
	หน้า
ภาพที่ 1	แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา..... 31
ภาพที่ 2	แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา..... 31
ภาพที่ 3	แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ด้วยตัวอย่างหมายเลข C ₁ 32
ภาพที่ 4	แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ด้วยตัวอย่างหมายเลข C ₂ 32
ภาพที่ 5	แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ด้วยตัวอย่างหมายเลข C ₅ 33
ภาพที่ 6	แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ด้วยตัวอย่างหมายเลข C ₆ 33
ภาพที่ 7	แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ด้วยตัวอย่างหมายเลข C ₇ 34
ภาพที่ 8	แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ด้วยตัวอย่างหมายเลข C ₈ 34
ภาพที่ 9	แสดง Differential thermal analysis (DTA) ตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา , ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา และปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้..... 35
ภาพที่ 10	แสดง IR spectrum ของยิบซัมดิบ..... 35
ภาพที่ 11	แสดง IR spectrum ตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้..... 36
ภาพที่ 12	แสดง IR spectrum ตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา..... 36
ภาพที่ 13	แสดง IR spectrum ตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา..... 37



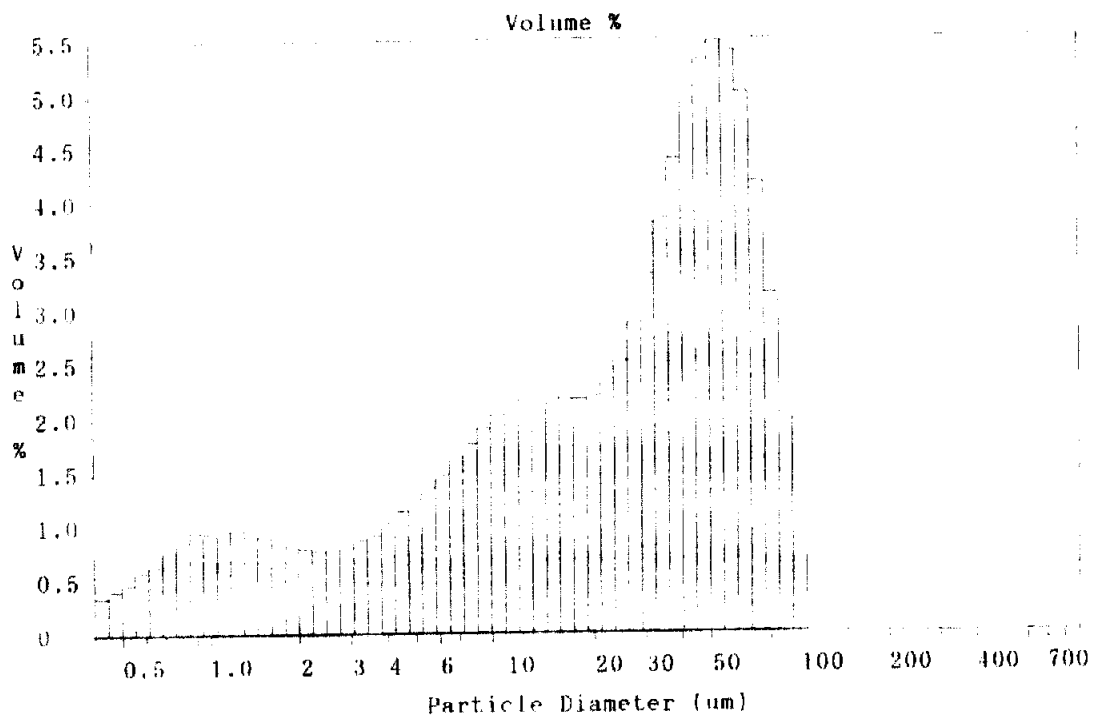
ภาพที่ 1 แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา



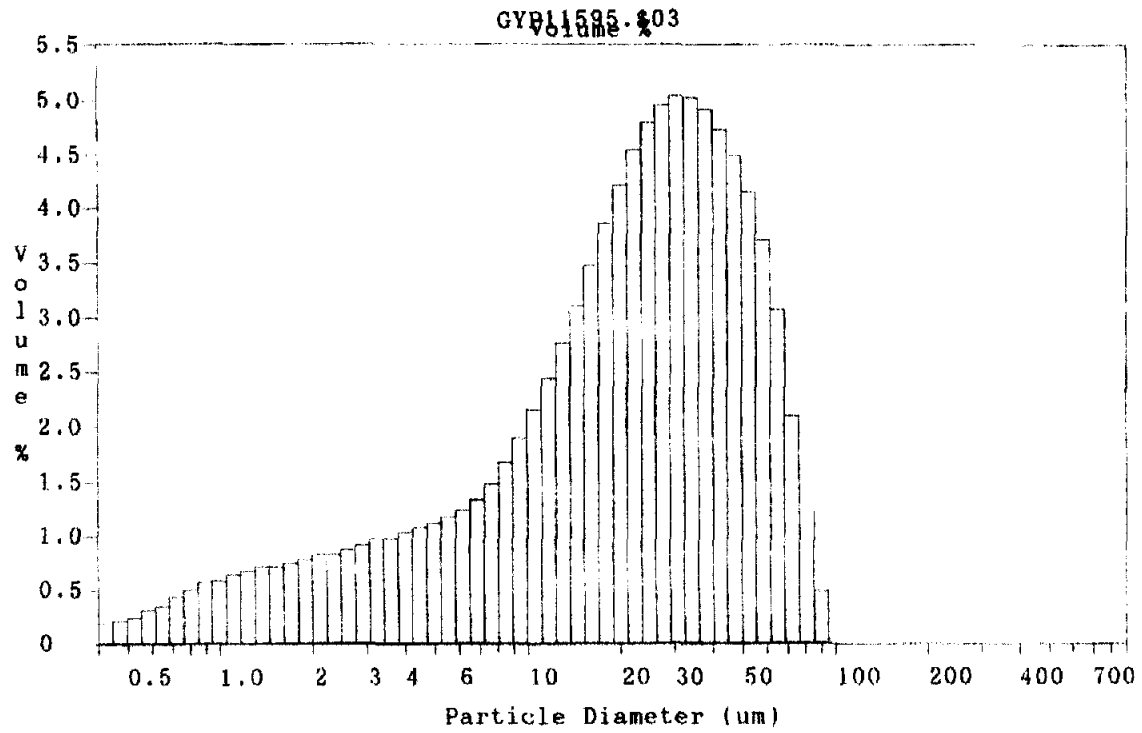
ภาพที่ 2 แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา



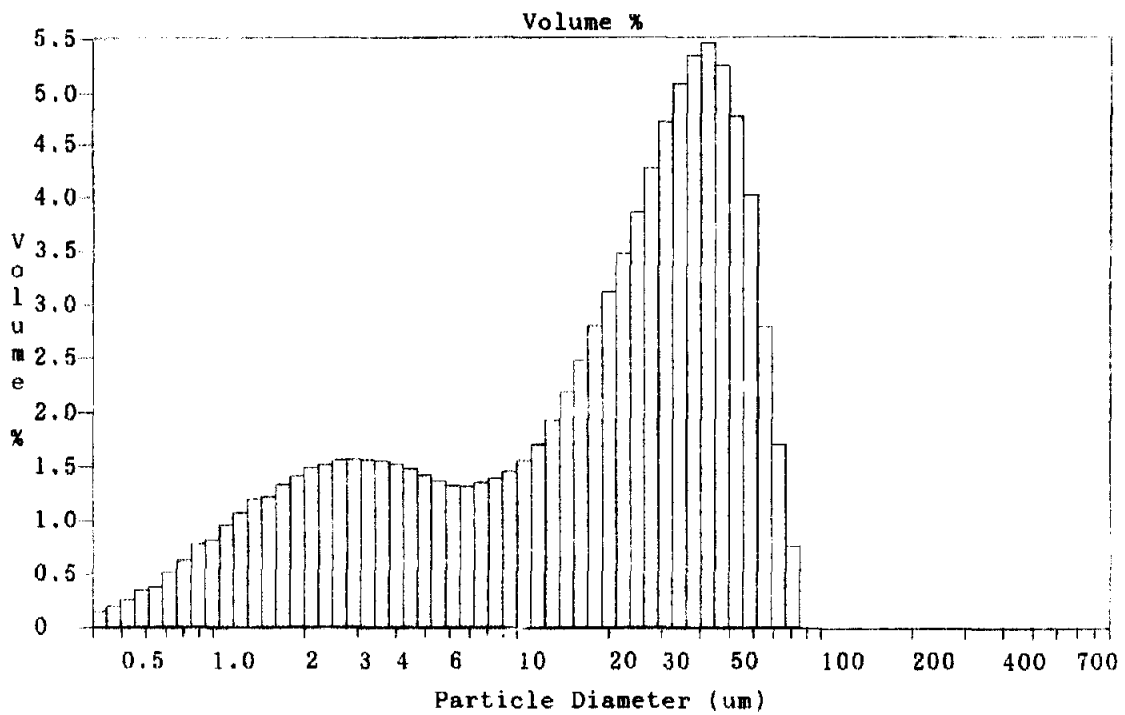
ภาพที่ 3 แสดงขนาดอนุภาคของปุนพลาสติกที่ผลิตได้ด้วยอย่างหมายเลข C₁



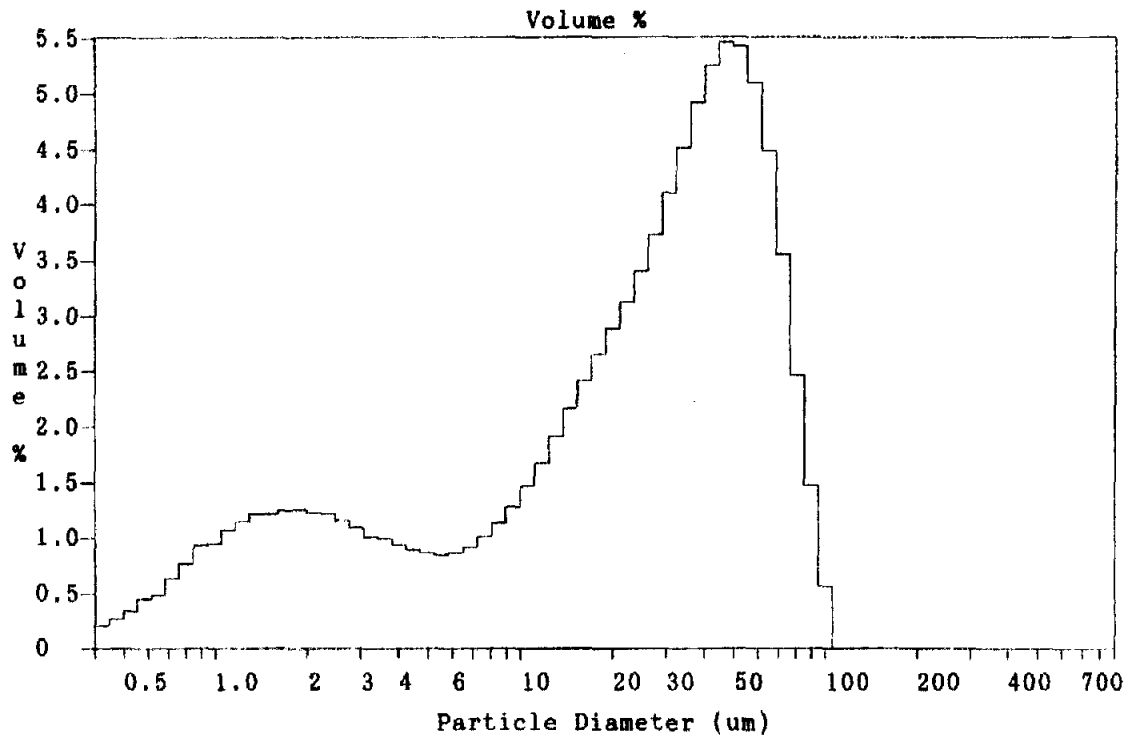
ภาพที่ 4 แสดงขนาดอนุภาคของปุนพลาสติกที่ผลิตได้ด้วยอย่างหมายเลข C₂



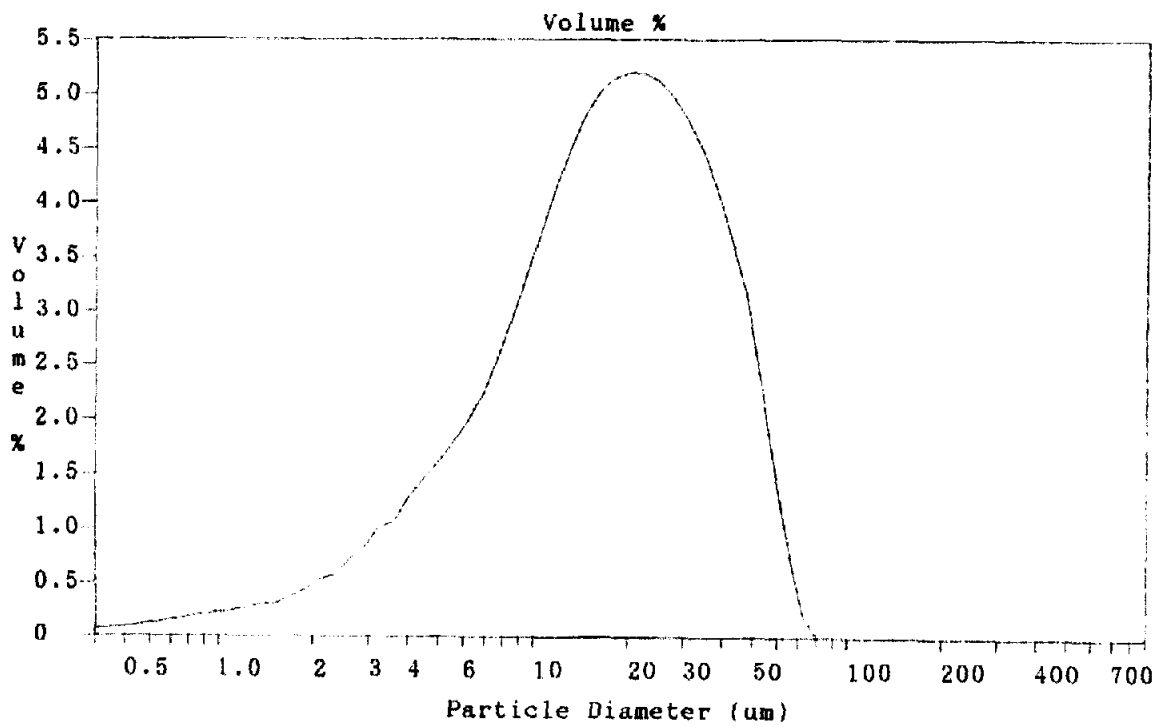
ภาพที่ 5 แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ด้วยอย่างหมายเลข C₅



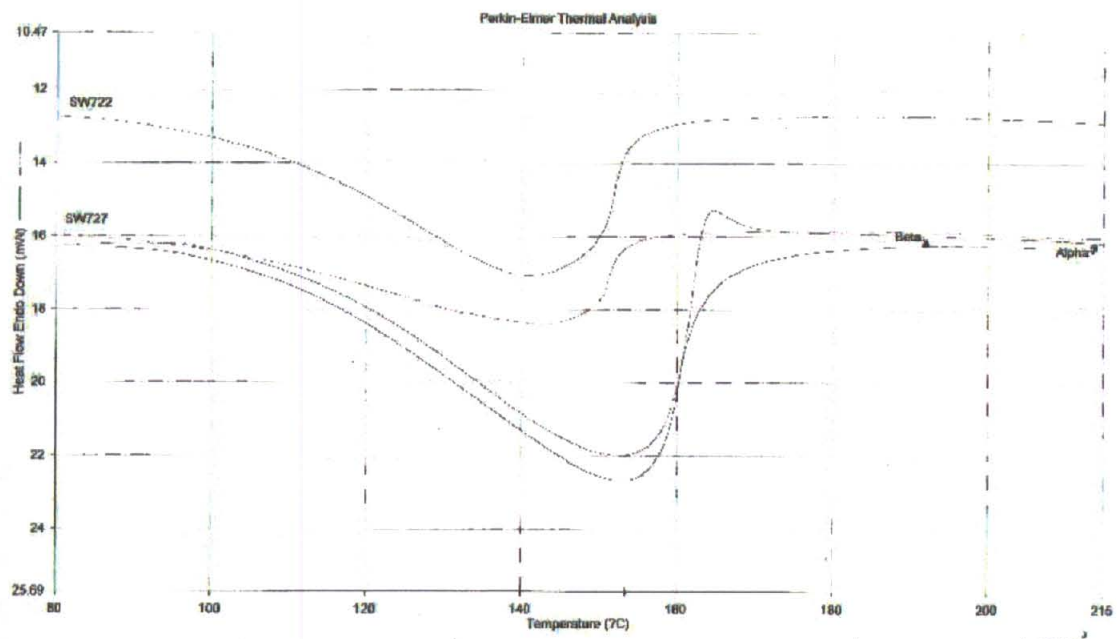
ภาพที่ 6 แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ด้วยอย่างหมายเลข C₆



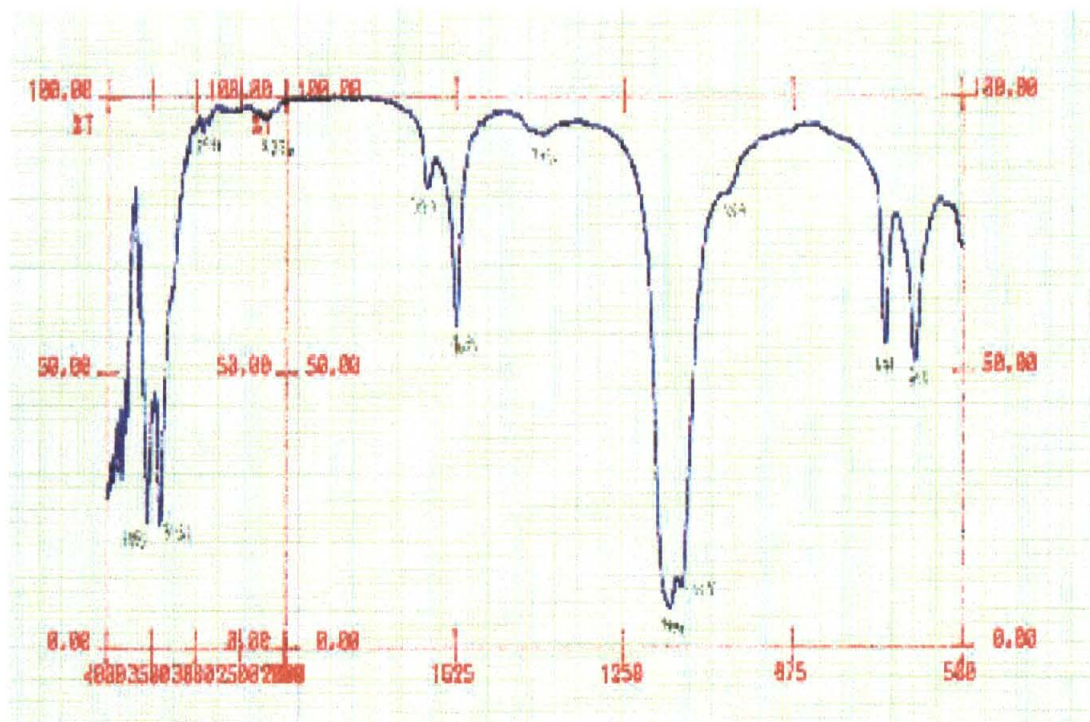
ภาพที่ 7 แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ด้วยอย่างหมายเลข C₇



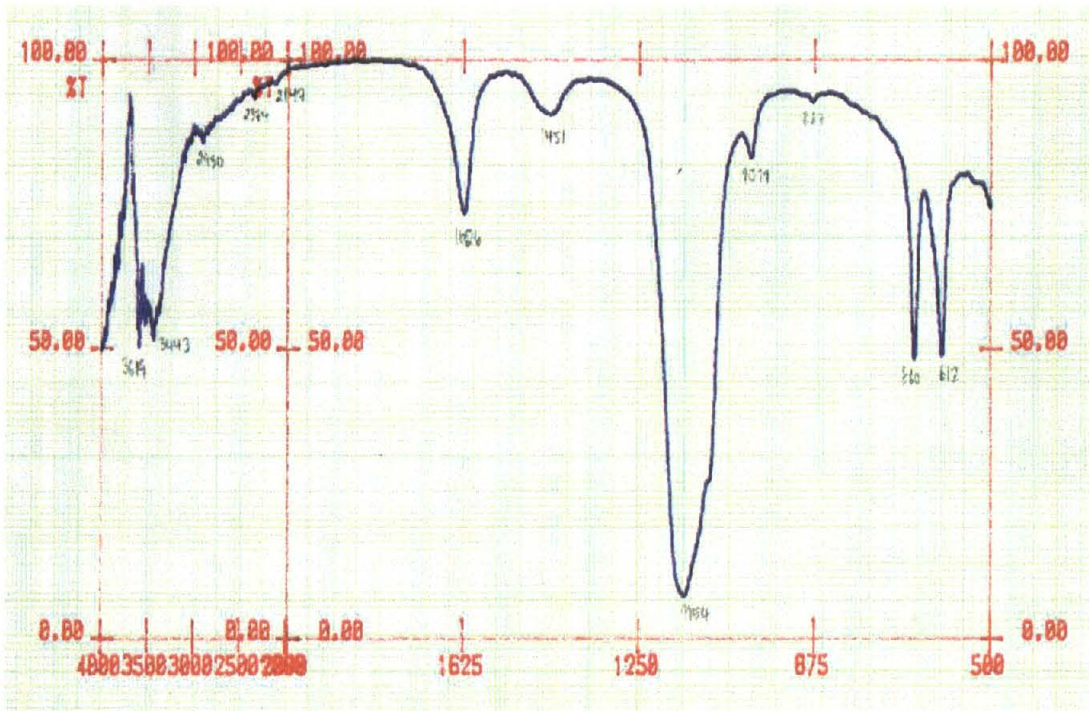
ภาพที่ 8 แสดงขนาดอนุภาคของปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้ด้วยอย่างหมายเลข C₈



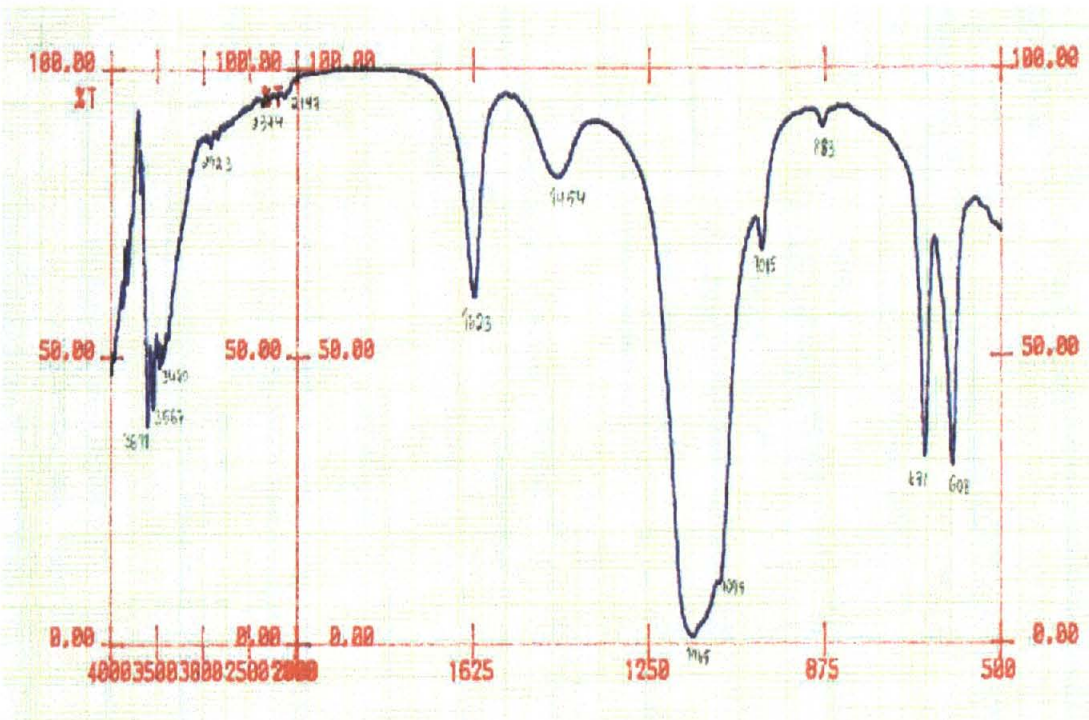
ภาพที่ 9 แสดง Differential Thermal Analysis (DTA) ตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา, ปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตาและปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้



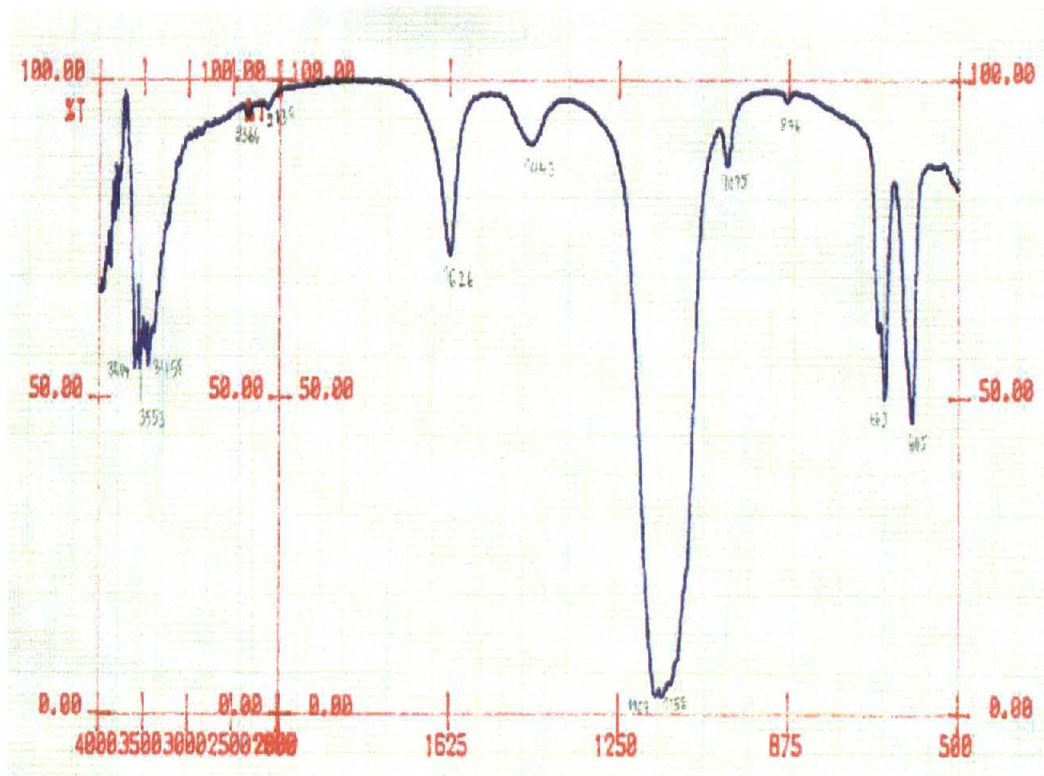
ภาพที่ 10 แสดง IR spectrum ของยิบซั่มดิบ



ภาพที่ 11 แสดง IR spectrum ตัวอย่างปูนปลาสเตอร์ที่ผลิตได้



ภาพที่ 12 แสดง IR spectrum ของปูนปลาสเตอร์ชนิดแอลฟา



ภาพที่ 13 แสดง IR spectrum ของปูนปลาสเตอร์ชนิดบีตา