

การศึกษาคุณสมบัติบางประการของยิบซัมชนิดที่สี่ที่ใส่ฟอติอะคริลาไมด์

เรือเอกหญิง รัชวดี เหลี่ยมเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์      ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์      จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

STUDY OF SOME PROPERTIES OF TYPE IV GYPSUM WITH THE ADDITION OF POLYACRYLAMIDE

Lt. Natthawadee Liamcharoen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Sciences Program in Prosthodontics

Department of Prosthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

**492166**

หัวข้อวิทยานิพนธ์  
โดย  
สาขาวิชา  
อาจารย์ที่ปรึกษา

การศึกษาคุณสมบัติบางประการของยิบซัมชนิดที่สี่ที่ใส่พอลิอะคริลาไมด์  
เรือเอกหญิง ณัฐวดี เหลี่ยมเจริญ  
ทันตกรรมประดิษฐ์  
รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง จูติมา ภูศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ภาณุพงศ์ วงศ์ไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วิจิตรศักดิ์ ไชลิตกุล)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. นิยม อ่างรงค์อนันต์สกุล)

เรือเอกหญิง ฌัฐวดี เหลี่ยมเจริญ: การศึกษาคุณสมบัติบางประการของยิบซัมชนิดที่สี่ที่ใส่พอลิอะคริลาไมด์. (STUDY OF SOME PROPERTIES OF TYPE IV GYPSUM WITH THE ADDITION OF POLYACRYLAMIDE) อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรินทร์ , 103 หน้า.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงการปรับปรุงคุณภาพยิบซัมชนิดที่ 4 ด้วยอะคริลาไมด์ โดยทำการทดสอบหาปริมาณอะคริลาไมด์ที่เหมาะสม ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ที่ใช้ปริมาณของอะคริลาไมด์ที่แตกต่างกันคือ 0 (กลุ่มควบคุม) 1.5 2 2.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการทดสอบ ความทนแรงอัด ระยะเวลา ก่อตัว และการขยายตัวขณะแข็งตัว

การทดสอบความทนแรงอัด : เตรียมชิ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร กลุ่มละ 15 ชิ้นตัวอย่าง ทำการทดสอบค่าความทนแรงอัด ด้วยเครื่องทดสอบสากลรุ่น Instron 8872 อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของหัวกด 1 มม./ นาที ที่เวลา 1 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Anova) และวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มตัวอย่าง โดยทำการทดสอบด้วยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni method) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การทดสอบระยะเวลาการก่อตัว : ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบระยะเวลาการก่อตัวชนิดเข็มไวเคท (Vicat needle apparatus) กลุ่มละ 5 ชิ้นตัวอย่าง และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้สถิติไคสแควร์ (Chi-square) ด้วยวิธี มอนติคาร์โล (Monte Carlo) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว : ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว (Extensometer) อ่านค่าการขยายตัวขณะแข็งตัวที่เวลา 120 นาทีภายหลังจากทำการผสมแล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าการขยายตัวขณะแข็งตัวโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีอินดีเพนเด้นแซมเปิลทีเทส (Independent - Samples T test) และวันแซมเปิลทีเทส (One Sample T test) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

จากผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ใช้อะคริลาไมด์ 2.0% มีค่าความทนแรงอัดมากที่สุด โดยที่เวลา 1 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง มีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) และใช้ระยะเวลาการก่อตัวสั้นกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้จากผลการทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัวก็พบว่ากลุ่มที่ใช้อะคริลาไมด์ 2.0% มีค่าการขยายตัวขณะแข็งตัวน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ดังนั้นจากการทดลองทั้งหมดนี้สรุปได้ว่าการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับยิบซัมชนิดที่ 4 ปริมาณอะคริลาไมด์ที่เหมาะสมที่สุดคือ 2.0%

ภาควิชา ทัศนกรรมประดิษฐ์  
สาขาวิชา ทัศนกรรมประดิษฐ์  
ปีการศึกษา 2549

ลายมือชื่อนิสิต ฌัฐวดี เหลี่ยมเจริญ  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ฉัตรรัตน์ วิวัฒน์วรินทร์

# #4776107932 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEY WORD: GYPSUM TYPE IV/ ACRYLAMIDE / COMPRESSIVE STRENGTH / SETTING TIME / SETTING EXPANSION

NATTHAWADEE LIAMCHAROEN: STUDY OF SOME PROPERTIES OF TYPE IV GYPSUM MATERIAL WITH THE ADDITION OF POLYACRYLAMIDE. THESIS ADVISOR :, ASSOC. PROF. CHAIRAT WIWATWORAPAN, 103pp.

The purpose of this research is to improve the quality of a Type IV gypsum material by finding the quantity of suitable acrylamide. There were 5 different groups that mixing acrylamide in a Type IV gypsum material, including 0 (control), 1.5, 2, 2.5, and 3 wt%, respectively. In each group, the research has been studied influence of polyacrylamide on the compressive strength, setting time and setting expansion.

*Compressive strength test* : Preparing 15 cylindrical specimens of each group with a diameter of 10mm., and height of 20mm. Testing the compressive strength of 5 specimens by UTM (Instron 8872) at a crosshead speed of 1 mm./min. at 1, 24, and 48 hours after the start of mixing. Analyzed the data with One-way ANOVA and testing by Bonferroni method at the 95% confidence level.

*Setting time test* : Having tested by using Vicat needle apparatus for 5 specimens per group Analyzed the data with Chi-square with Monte Carlo approach at the 95% confidence level.

*Setting expansion test* : Extensometer is used for the setting expansion test for 5 specimens per group. Determine the change in the length at 120 min after the start of mixing . Then, calculate the setting expansion as a percentage of the original length. Analyzed the data with the Independent – Samples T test and One Sample T test at the 95% confidence level.

The result shows that the group of 2.0% acrylamide mixing has the highest compressive strength, and also has higher compression resistance than the control group ( $p < 0.05$ ) at the time equivalent to 1 hour, 24 hours and 48 hours, as well as has less setting time than the control group ( $p < 0.05$ ). In addition, the expansion testing shows that the group of 2.0% acrylamide mixing has the expansion value less than the control group. In conclusion, according to the results above, the 2.0% of acrylamide is the best mixing proportion for efficiency improvement of TypeIV gypsum material.

Department Prosthodontics

Field of study Prosthodontics

Academic year 2006

Student's signature Natthawadee Liamcharoen

Advisor's signature Chairat Wiwatworapan

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์ ที่ท่านให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ มากมายอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยครั้งนี้ อีกทั้งยังได้สละเวลาอันมีค่าของท่านในการตรวจ และแก้ไขการเขียนวิทยานิพนธ์ทุกชั้นตอน จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำ และแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำ กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ช่วยเหลือรวมทั้งให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องมืออันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในงานวิจัย

ขอขอบคุณ บริษัท ลาฟาร์จเพรสเทีย จำกัด ที่เอื้อเพื่อผลิตภัณฑ์ยิบซัมเพื่อใช้ในงานวิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวผู้ซึ่งให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา และขอขอบพระคุณผู้มีพระคุณที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมด ที่ช่วยเหลือในการทำงานและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา จนการทำวิจัยครั้งนี้เป็นผลสำเร็จได้ด้วยดี

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามของการวิจัย.....	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานของงานวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
รูปแบบการวิจัย.....	5
บทที่ 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
ประเภทของผลิตภัณฑ์ยิบซัมทางทันตกรรม.....	6
ขั้นตอนในการผลิตแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตชนิดต่าง.....	7
กลไกการก่อตัวของยิบซัม.....	8
ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาก่อตัวของยิบซัม.....	9
กลไกการขยายขณะแข็งตัวของยิบซัม.....	10
ปัจจัยที่มีผลต่อการขยายตัวของยิบซัม.....	11
ปัจจัยที่มีผลต่อความทนแรงอัดของยิบซัม.....	12
การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยิบซัมในอดีตที่ผ่านมา.....	13

	หน้า
บทที่ 3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	17
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	17
วิธีการทดลอง.....	18
การทดสอบความทนแรงอัด.....	22
การทดสอบระยะเวลาการก่อตัว.....	29
การทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว.....	32
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	35
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	36
บทที่ 4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	36
ตอนที่ 1 การศึกษาถึงปริมาณของแอสลอปิกที่แตกต่างกันที่มีผลต่อความทนแรงอัดแรง ระยะเวลาการก่อตัว และ การขยายตัวขณะแข็งตัวของยิปซัม.....	36
การทดสอบความทนแรงอัด.....	36
การทดสอบระยะเวลาการก่อตัว.....	42
การทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว .....	44
ตอนที่ 2 การศึกษาถึงปริมาณของอะคริลาไมด์ที่แตกต่างกันที่มีผลต่อความทนแรงอัด ระยะเวลาการก่อตัวและ การขยายตัวขณะแข็งตัวของยิปซัม.....	49
การทดสอบความทนแรงอัด.....	49
การทดสอบระยะเวลาการก่อตัว.....	55
การทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว .....	57
บทที่ 5. อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ และสรุปผลการวิจัย.....	60
อภิปรายผลการวิจัย.....	60
ข้อเสนอแนะ.....	70
สรุปผลการวิจัย.....	71
รายการอ้างอิง.....	72
ภาคผนวก.....	77

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....103

## สารบัญตาราง

หน้า

<p>ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความทนแรงอัด ในกลุ่มที่ใส่กรดแอสคอบิกปริมาณที่ต่าง ๆ กัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง.....</p>	37
<p>ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของค่าความทนแรงอัด ในกลุ่มที่ใส่กรดแอสคอบิกปริมาณที่ต่าง ๆ กัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง.....</p>	38
<p>ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของค่าความทนแรงอัด ในกลุ่มที่ใส่กรดแอสคอบิกปริมาณที่ต่าง ๆ กัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....</p>	38
<p>ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวที่ของค่าความทนแรงอัด ในกลุ่มที่ใส่กรดแอสคอบิกปริมาณที่ต่าง ๆ กัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง.....</p>	38
<p>ตารางที่ 5 แสดงระยะเวลาที่ก่อตัวแล้วของชิ้นงานยิปซัม ในกลุ่มที่ใส่กรดแอสคอบิกปริมาณที่ต่าง ๆ กัน และกลุ่มควบคุม.....</p>	42
<p>ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์สถิติไคสแควร์ (Chi-square) ด้วยวิธีมอนติคาร์โล (Monte Carlo) ระหว่างระยะเวลาก่อตัว และในกลุ่มที่ใส่กรดแอสคอบิกปริมาณที่ต่าง ๆ กัน และกลุ่มควบคุม.....</p>	43
<p>ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการขยายตัวขณะแข็งตัว ในกลุ่มที่ใส่กรดแอสคอบิกปริมาณที่ต่าง ๆ กัน และกลุ่มควบคุม.....</p>	44
<p>ตารางที่ 8 แสดงการวิเคราะห์สถิติด้วยวิธีอินดีเพนเด็นแซมเปิลทีเทสต์ (Independent – Samples T test) ระหว่างกลุ่มที่ใส่กรดแอสคอบิก 0.005M และ 0.105M.....</p>	45
<p>ตารางที่ 9 แสดงการวิเคราะห์สถิติด้วยวิธีวันแซมเปิลทีเทส (One Sample T test) ระหว่างกลุ่มที่ใส่กรดแอสคอบิก 0.005M (0.091±0.014%) กับค่าคงที่ของกลุ่มควบคุม (0.127%).....</p>	46
<p>ตารางที่ 10 แสดงการวิเคราะห์สถิติด้วยวิธีวันแซมเปิลทีเทส (One Sample T test) ระหว่างกลุ่มที่ใส่กรดแอสคอบิก 0.005M (0.091±0.014%) ค่าคงที่ของ กลุ่ม 0.013M 0.026M และ 0.052M (0.76%).....</p>	46
<p>ตารางที่ 11 แสดงการวิเคราะห์สถิติด้วยวิธีวันแซมเปิลทีเทส (One Sample T test) ระหว่างกลุ่มที่ใส่กรดแอสคอบิก 0.105M (0.094±0.011%) กับค่าคงที่ของกลุ่มควบคุม (0.127%).....</p>	46
<p>ตารางที่ 12 แสดงการวิเคราะห์สถิติด้วยวิธีวันแซมเปิลทีเทส (One Sample T test) ระหว่างกลุ่มที่ใส่กรดแอสคอบิก 0.105M (0.094±0.011%) ค่าคงที่ของ กลุ่ม 0.013M 0.026M และ 0.052M (0.76%).....</p>	47

ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความทนแรงอัด ในกลุ่มที่ใส่อะครีลาไมด์ปริมาณที่แตกต่างกัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง.....49

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าความทนแรงอัด ในกลุ่มที่ใส่อะครีลาไมด์ปริมาณที่แตกต่างกัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง.....50

ตารางที่ 15 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าความทนแรงอัด ในกลุ่มที่ใส่อะครีลาไมด์ปริมาณที่แตกต่างกัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....50

ตารางที่ 16 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของค่าความทนแรงอัด ในกลุ่มที่ใส่อะครีลาไมด์ปริมาณที่แตกต่างกัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง.....51

ตารางที่ 17 แสดงระยะเวลาที่ก่อตัวแล้วของชิ้นงานยิบซัม ในกลุ่มที่ใส่อะครีลาไมด์ปริมาณที่แตกต่างกัน และกลุ่มควบคุม .....55

ตารางที่ 18 แสดงการวิเคราะห์สถิติไคสแควร์ (Chi-square) ด้วยวิธีมอนติคาร์โล (Monte Carlo) ระหว่างระยะเวลาก่อตัว และอะครีลาไมด์ปริมาณที่แตกต่างกัน.....56

ตารางที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการขยายตัวขณะแข็งตัวของชิ้นงานที่ใส่อะครีลาไมด์ปริมาณต่างๆกัน และกลุ่มควบคุม .....57

ตารางที่ 20 แสดงการวิเคราะห์สถิติด้วยวิธีวันแซมเปิ้ลทีเทส (One Sample T test) ระหว่างกลุ่มที่ใส่อะครีลาไมด์ 3.0% (0.071 ± 0.112%) กับค่าคงที่ของกลุ่มควบคุม (0.127%).....58

ตารางที่ 21 แสดงการวิเคราะห์สถิติด้วยวิธีวันแซมเปิ้ลทีเทส (One Sample T test) ระหว่างกลุ่มที่ใส่อะครีลาไมด์ 3.0% (0.071 ± 0.112%) กับค่าคงที่ของกลุ่มที่ใส่อะครีลาไมด์ 1.5% 2.0% และ 2.5% (0.76%).....58

**สารบัญภาพ**

	หน้า
ภาพประกอบ	
ภาพที่ 1 แสดงการผลิตแคลเซียมซัลเฟตไฮดรอกไซด์ชนิดต่างๆ.....	8
ภาพที่ 2 แสดงกลไกการก่อตัวของยิบซั่ม.....	9
ภาพที่ 3 แสดงกลไกการขยายขณะแข็งตัวของยิบซั่ม.....	10
ภาพที่ 4 แสดงผลของการใช้เครื่องผสมสุญญากาศ.....	11
ภาพที่ 5 แสดงแบบหล่อเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม.ยาว 20 มม.....	25
ภาพที่ 6 แสดงการผสมด้วยเครื่องผสมสุญญากาศ.....	25
ภาพที่ 7 แสดงใช้เครื่องสั่นเพื่อลดปริมาณฟองอากาศ.....	26
ภาพที่ 8 แสดงการบรรจุลงในแบบหล่อ.....	26
ภาพที่ 9 แสดงเครื่องมือกดทับแบบหล่อ.....	27
ภาพที่ 10 แสดงเครื่องวัดเวอร์เนีย คาลิเปอร์ (digimatic caliper) .....	27
ภาพที่ 11 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบความทนแรงอัด.....	27
ภาพที่ 12 แสดงเครื่องทดสอบสากล (Instron universal testing machine) รุ่น Instron 8872.....	28
ภาพที่ 13 แสดงการกดชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบสากล (Instron universal testing machine).....	28
ภาพที่ 14 แสดงเครื่องทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของนิลเข็มไวเคท (Vicat needle apparatus).....	30
ภาพที่ 15 แสดงการใช้เครื่องทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของนิลเข็มไวเคท.....	31

ภาพที่ 16 แสดงเครื่องทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว (Extensometer) .....	33
ภาพที่ 17 การใช้แสดงเครื่องทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว.....	34
ภาพที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความทนแรงอัด ในกลุ่มที่ใช้กรด แอสคอบิกปริมาณที่แตกต่างกัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง.....	39
ภาพที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความทนแรงอัด ในกลุ่มที่ใช้กรด แอสคอบิกปริมาณที่แตกต่างกัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	40
ภาพที่ 20 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความทนแรงอัด ในกลุ่มที่ใช้กรด แอสคอบิกปริมาณที่แตกต่างกัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง.....	41
ภาพที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบค่าการขยายตัวขณะแข็งตัวระหว่างกลุ่มที่ใช้ปริมาณกรดแอสคอบิก ที่แตกต่างกัน และกลุ่มควบคุม.....	47
ภาพที่ 22 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความทนแรงอัด ในกลุ่มที่ใช้ปริมาณ อะคริลาไมด์ ที่แตกต่างกัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง.....	52
ภาพที่ 23 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความทนแรงอัดที่ ในกลุ่มที่ใช้ปริมาณ อะคริลาไมด์ ที่แตกต่างกัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง.....	53
ภาพที่ 24 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความทนแรงอัด ในกลุ่มที่ใช้ปริมาณ อะคริลาไมด์ ที่แตกต่างกัน และกลุ่มควบคุม ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง.....	54
ภาพที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบค่าการขยายตัวขณะแข็งตัวระหว่างกลุ่มที่ใช้ปริมาณอะคริลาไมด์ ที่ แตกต่างกัน และกลุ่มควบคุม.....	59
ภาพที่ 26 แสดงลักษณะ โครงสร้างของอะคริลาไมด์.....	60

ภาพที่ 27 แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ของอะครีลาไมด์.....	62
ภาพที่ 28 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิเมอร์ของอะครีลาไมด์.....	63
ภาพที่ 29 แสดงภาพของยิบซัมชนิดที่ 4 ที่ก่อตัวแล้ว จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า.....	66
ภาพที่ 30 แสดงภาพของยิบซัมชนิดที่ 4 ปรับปรุงคุณภาพด้วยพอลิอะครีลาไมด์ที่ก่อตัวแล้ว จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า.....	66
ภาพที่ 31 แสดงภาพพื้นผิวภายนอกของยิบซัมชนิดที่ 4 ที่ก่อตัวแล้ว จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1500 เท่า.....	67
ภาพที่ 32 แสดงภาพพื้นผิวภายนอกของยิบซัมชนิดที่ 4 ปรับปรุงคุณภาพด้วยพอลิอะครีลาไมด์ที่ก่อตัวแล้ว จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1500 เท่า.....	67
ภาพที่ 33 แสดงภาพพื้นผิวภายในของยิบซัมชนิดที่ 4 ที่ก่อตัวแล้ว จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1500 เท่า.....	68
ภาพที่ 34 แสดงภาพพื้นผิวภายในของยิบซัมชนิดที่ 4 ปรับปรุงคุณภาพด้วยพอลิอะครีลาไมด์ที่ก่อตัวแล้ว จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1500 เท่า.....	68