

# สมบัติของแบบหล่อปูนปลาสเตอร์ที่เสริมแรงด้วยผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่

ปรินทร ศคเมธ\* บุญเลิศ ผู้เกียรติตระกูล\*จิตติมา คิเรกสุนทร\*\* ชัยเมศวร์ ชุ่นอ้อ\*\*\* ภักิริยากรณ์ ศรีบุรุษ\*\*\*\* รัตน์ธญา เวชพิมล\*\*\*\*\*

## บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์** ศึกษาสัดส่วนของปริมาณผงแคลเซียมซัลเฟต ไดไฮเดรตของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ในยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง (ปูนปลาสเตอร์) ที่มีผลต่อสมบัติของแบบหล่อ

**วัสดุและวิธีการ** เตรียมชิ้นตัวอย่างจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดต่าง ๆ จำนวน 8 กลุ่ม ๆ ละ 24 ชิ้น แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 3 กลุ่ม คือ ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง (ปูนปลาสเตอร์) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สาม ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ และกลุ่มทดลอง 5 กลุ่ม คือ ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองที่ผสมผงแคลเซียมซัลเฟต ไดไฮเดรตของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ขนาด 53-75 ไมโครเมตร ในสัดส่วนร้อยละ 0.5 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 นำตัวอย่างมาทดสอบสมบัติได้แก่ ความทนแรงอัด เวลาก่อตัว การเรียงตัวของผลึก และศึกษาความพรุนของแบบหล่อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด นำค่าที่ได้จากการวัดมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบของครัสคัล-วอลลิสที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**ผลการศึกษา** ค่าเฉลี่ยของเวลาก่อตัวของกลุ่มทดลองทั้ง 5 กลุ่มน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของกลุ่มทดลองน้อยกว่ายิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สาม และยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ยกเว้นกลุ่มทดลองในสัดส่วนร้อยละ 1.5 ไม่แตกต่างจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) การศึกษารูพรุนและการเรียงตัวของผลึก พบว่า กลุ่มทดลองมีขนาดรูพรุนที่เล็กกว่ายิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองและชนิดที่สี่ ลักษณะผลึกคล้ายกับยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง และมีผลึกรูปร่างคมชัดแทรกระหว่างรูพรุนของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง

**สรุป** การเสริมแรงยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองด้วยผงแคลเซียมซัลเฟต ไดไฮเดรตของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ ทำให้แบบหล่อมีความทนแรงอัดสูงขึ้น โดยผลต่อสมบัติมีความแตกต่างกัน ตามสัดส่วนของผงแคลเซียมซัลเฟต ไดไฮเดรตของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ที่เป็นส่วนผสม และส่วนผสมร้อยละ 1.5 มีผลให้สมบัติของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองดีที่สุดในทุกด้าน

\*ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

\*\*ฝ่ายทันตกรรม โรงพยาบาลเคียนซา อ.เคียนซา จ.สุราษฎร์ธานี

\*\*\*ฝ่ายทันตกรรม โรงพยาบาลธารโต อ.ธารโต จ.ยะลา

\*\*\*\*ฝ่ายทันตกรรม โรงพยาบาลปะเหลียน อ.ปะเหลียน จ.ตรัง

\*\*\*\*\*ฝ่ายทันตกรรม โรงพยาบาลกาญจนดิษฐ์ อ.กาญจนดิษฐ์ จ. สุราษฎร์ธานี

## บทนำ

ยิปซัมทางทันตกรรม ถูกนำมาใช้ในการหล่อแบบและงานในหีบปฏิบัติการทางทันตกรรมหลายประเภท อาทิ แบบจำลอง (cast) แบบ (ถอด) (die) เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูกและวิธีการใช้งานง่าย<sup>1</sup> ยิปซัมที่นิยมใช้ในการหล่อแบบจำลองทางทันตกรรม คือ ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง (ปูนปลาสเตอร์) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สาม และชนิดที่สี่ โครงสร้างของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองเป็นบีตา-แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต ( $\beta$ -calcium sulfate hemihydrate) ซึ่งอนุภาคมีรูปร่างขรุขระ และมีขนาดไม่แน่นอน ส่วนยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สามและชนิดที่สี่ มีโครงสร้างเป็นแอลฟา-แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต ( $\alpha$ -calcium sulfate hemihydrate) ซึ่งอนุภาคมีความละเอียด มีผลึกหน้าสมบุรณ์ (idiomorphic) ที่โปร่งใส (transparent) มีขนาดสม่ำเสมอ และมีขอบผลึกคมชัด<sup>2</sup> เมื่อนำไปผสมกับน้ำจะได้ยิปซัมทางทันตกรรม [ (แคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต) (calcium sulfate dihydrate)] ที่มีกำลังความแข็งแรง (strength) และความแข็งผิว (surface hardness) สูงกว่ายิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง รวมทั้งขยายตัวน้อยกว่ายิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง เนื่องจากมีรูพรุนน้อย และรวมตัวกันแน่นกว่ายิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง แต่เมื่อเปรียบเทียบยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สามกับชนิดที่สี่แล้วพบว่า ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่มีอนุภาคละเอียดกว่าชนิดที่สาม เนื่องจากกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สามผลิตโดยเผายิปซัมใน

เครื่องนึ่งอัดไอน้ำ (autoclave) ซึ่งมีความดันไอร้อนในอุณหภูมิระหว่าง 120-130 องศาเซลเซียส หรือทำให้น้ำในผลึกของยิปซัมเหือดแห้ง (dehydrated) โดยใส่โซเดียมซัคซิเนต ((sodium succinate) ไม่เกินร้อยละ 0.5 ในเครื่องนึ่งอัดไอน้ำ ในขณะที่ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่มีการดัดแปลงคุณสมบัติ โดยนำมาต้มในหม้อที่มีสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) (ความเข้มข้นร้อยละ 30 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส) ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้ผสมเพื่อให้ก่อตัวจึงใช้น้อยกว่า และมีกำลังแข็งแรงสูงกว่ายิปซัมที่ใช้ในทางทันตกรรมชนิดที่สาม<sup>1</sup>

งานวิจัยจำนวนมากได้ศึกษาวิธีการปรับปรุงสมบัติของยิปซัม วิธีหนึ่งได้แก่การเติมสารบางชนิดลงในยิปซัม การศึกษาโดย Alsadi และ Edward<sup>3</sup> ได้ทดลองใส่ยางอารบิก (gum arabic) และ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide) ในปลาสเตอร์หิน เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและเพิ่มการขยายขณะก่อตัว (setting expansion) โดยยางอารบิกและแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นโครงสร้างผลึกขนาดเล็กที่แทรกระหว่างผลึกของแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตขณะกำลังก่อตัว ในขณะที่ Huan และ Chang<sup>4</sup> พบว่าการเติมไตรแคลเซียมซิลิเกต (tricalcium silicate) ใน (แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต) ทำให้ความทนแรงอัด (compressive strength) และเวลาก่อตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากไตรแคลเซียมซิลิเกตเป็นอนุภาคที่แทรกอยู่ระหว่างแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตและลดรูพรุนระหว่างผลึก การศึกษาโดย Chandara และคณะ<sup>5</sup> พบว่า การนำเศษยิปซัมที่ใช้แล้วมาผสมในปูนซีเมนต์ทำให้เวลาก่อตัวเร็วขึ้น

แต่กำลังดัดขวาง) flexural strength (และความทนแรงอัด ไม่แตกต่างจากปูนซีเมนต์ที่ไม่ได้ใส่เศษยิปซัมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การศึกษาโดย Bohner<sup>6</sup> พบว่าการเติมผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตในระหว่างการผสมแอลฟาไตรแคลเซียมฟอสเฟต (alpha-tricalcium phosphate) จะลดเวลาก่อตัวของแอลฟาไตรแคลเซียมฟอสเฟตซีเมนต์ เนื่องจากการสลายตัวอย่างรวดเร็วของผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตทำให้สารละลายเกิดการอิ่มตัวยิ่งยวดทำให้การเกิดปฏิกิริยารวดเร็วขึ้น

นอกจากนี้การศึกษาโดย Singh และ Middendorf<sup>7</sup> พบว่า การเติมกรดคาร์บอกซิลิกในระหว่างการผสมปูนปลาสเตอร์จะเพิ่มมอดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (modulus of elasticity) เนื่องจากกรดคาร์บอกซิลิกมีผลต่อแรงยึดติด (adhesion) ที่บริเวณผลึกของแคลเซียมซัลเฟตไฮดรอกไซด์ (มีไฮเดรตขณะกำลังก่อตัว สอดคล้องกับการศึกษาของ Magallanes-Rivera และคณะ<sup>8</sup> ซึ่งพบว่าการเติมกรดมาลิก (malic acid) จะช่วยปรับโครงสร้าง (ขนาดเล็ก (microstructure) โดยทำให้ผลึกของแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตมีขนาดเล็กลงและรวมตัวกันแน่น ส่งผลให้มีความทนแรงอัดเพิ่มขึ้น และลดเวลาก่อตัว (setting time)

จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าวข้างต้นจึงมีแนวคิดที่ว่า ผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ อาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงสมบัติของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองโดยใช้ผลึกแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่แทรกระหว่างผลึกของ

แคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตและปริมาณรูพรุนระหว่างผลึก ทำให้การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเกี่ยวยึดและอันตรกิริยาระหว่างผลึก ซึ่งน่าจะช่วยปรับปรุงสมบัติของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองบางประการ ได้แก่ ความทนแรงอัด เวลาก่อตัว การเรียงตัวของผลึกและความพรุน ให้เทียบเท่ากับสมบัติของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สามได้

### วัสดุและวิธีการ

*การเตรียมผงแคลเซียมซัลเฟต ไดไฮเดรตของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ (ผงไดไฮเดรต)*

ผสมยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ (Vel-Mix crown and bridge die stone type IV, Kerr Corp., Orange, CA, USA) ด้วยอัตราส่วนผงต่อน้ำเท่ากับ 100 กรัมต่อ 20 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่องผสมสุญญากาศ (Multivac 4 model Typ M4-11, Degussa, Augberg, Germany) แล้วเทลงบนแผ่นพลาสติกใสแผ่นเป็นแผ่นบาง รอให้ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ ก่อตัวเต็มที่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาทุบให้เป็นผงหยาบ แล้วนำมาบดให้เป็นผงละเอียดอีกครั้งด้วยเครื่องบดและผสมสาร (Retsch model MM 301, Retsch GmbH & Co.KG, Haan, Germany) ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อวินาทีเป็นเวลา 3 นาที นำผงที่ได้กรองผ่านตะแกรงช่องขนาด 75 ไมโครเมตร และ 53 ไมโครเมตร (Retsch, Retsch GmbH & Co.KG, Hann, Germany) ตามลำดับ เลือกเก็บผงที่มีขนาดระหว่าง 53-75 ไมโครเมตร ไว้ในกล่องมีฝาปิดที่บรรจุสารดูดความชื้น

### การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบ

ตัวอย่างสำหรับทดสอบประกอบด้วย กลุ่มควบคุม 3 กลุ่มและกลุ่มทดลอง 5 กลุ่ม แต่ละกลุ่มเตรียมขึ้น โดยผสม ส่วนผงยิปซัมที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 การเตรียมตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม เริ่มจากนำส่วนผงยิปซัมปริมาณ 100 กรัม มาผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องบดและผสมสาร (mixer mill, Retsch model MM 301, Retsch GmbH & Co.KG, Haan, Germany) ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อวินาทีเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเทส่วนผงลงในน้ำปริมาตร 50 มิลลิลิตร ตามอัตราส่วนผงกับน้ำของปูน ให้หมดภายในเวลา (พลาสติกอร์ 10 วินาที จากนั้นปล่อยให้ผงแช่อยู่ในน้ำนาน 20 วินาที เพื่อให้ผงปูนเปียกน้ำโดยทั่วถึงแล้วจึงผสมด้วยเครื่องผสมสุญญากาศความเร็ว 120 รอบต่อวินาทีเป็นเวลา 1 นาที สำหรับยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สาม (Hydrock Model Stone (Type III), Kerr Corp., Orange, CA, USA) และชนิดที่สี่ผสมด้วยวิธีเดียวกันกับยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง (Siam gypsum Industry, Saraburi, Thailand) โดยใช้อัตราส่วนผงต่อน้ำเท่ากับ 100 กรัมต่อ 30 และ 20 มิลลิลิตร ตามลำดับ จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปหล่อแบบเพื่อทดสอบสมบัติต่างๆ ดังนี้

### การทดสอบเวลาก่อตัว

นำส่วนผสมที่เตรียมได้ เทลงในท่อพลาสติกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 มิลลิเมตร ความสูง 25 มิลลิเมตร วางบนแผ่นกระเบื้องเคลือบ กลุ่มตัวอย่างละ 6 ตัวอย่าง 10 จากนั้นทดสอบโดยใช้เครื่องมือทดสอบความเข้ม

และระยะเวลาก่อตัวของยิปซัมทางทันตกรรม (Matest, Matest slr Via delle Industrie, Treviolo, Italy) ซึ่งมีแท่งกด (rod) น้ำหนัก 0.3 กิโลกรัม เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งกดขนาด  $1.00 \pm 0.05$  มิลลิเมตร และความยาว 50 มิลลิเมตร เริ่มจับเวลาตั้งแต่ขั้นตอนผสมยิปซัมแล้วเทใส่ท่อพลาสติก ปลายเปิด วางบนฐานเครื่องทดสอบ จัดตำแหน่งปลายเข็มให้ตะขิวหน้ายิปซัม ปล่อยให้เข็มให้ตกทะลุยิปซัม ทำซ้ำโดยเปลี่ยนตำแหน่งให้เข็มปักทุก 15 วินาที จนกระทั่งเข็มไม่สามารถทะลุผ่านเนื้อยิปซัมที่ก่อตัวแล้วได้อย่างสมบูรณ์ โดยเวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนแท่งกดไม่สามารถปักลงบนตัวอย่างได้อย่างสมบูรณ์ คือ เวลาก่อตัวไวแคท (Vicat setting time)<sup>9</sup> บันทึกเวลาของแต่ละกลุ่ม

### การทดสอบความทนแรงอัด

นำส่วนผสมที่เตรียมได้ เทลงในท่อพลาสติกทรงกระบอกชนิดพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 20 มิลลิเมตร สูง 40 มิลลิเมตร กลุ่มตัวอย่างละ 5 ตัวอย่าง รอจนก่อตัวเต็มที่ ชัดผิวหน้าให้เรียบกับขอบท่อด้วยกระดาษซิลิโคนคาร์ไบด์ 600 และ 1200 กริต แล้วแกะตัวอย่างออกจากท่อพลาสติกโดยการผ่าท่อด้วยแผ่นคาร์บอนดัม เก็บตัวอย่างไว้ในกล่องบรรจุสารดูดความชื้นที่มีฝาปิดมิดชิด

นำชิ้นตัวอย่างมาทดสอบความทนแรงอัด โดยใช้เครื่องทดสอบแรงแบบอเนกประสงค์ (Lloyd model LRX-Plus, Lloyd Instrument Ltd., London, UK) ที่มีอัตราให้แรง (load rate) 3,000 นิวตัน/นาที ให้แรงจนชิ้นตัวอย่างแตก และบันทึกค่าแรงที่ได้หน่วยเป็นนิวตัน แล้วคำนวณเป็นแรง

ต่อพื้นที่ (เมกะปาสคาล) คัดผลการทดสอบที่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 5 ตัวอย่างเกินร้อยละ 15 ออกจากการทดลองโดยคงค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 4 ตัวอย่างที่เหลือไว้ แต่ถ้าค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกันเพียง 2 ตัวอย่างหรือน้อยกว่า ให้ทดลองซ้ำใหม่<sup>9</sup>

#### การศึกษาการเรียงตัวของผลึกและความพรุน

นำส่วนผสมที่เตรียมได้ เทลงในแบบหล่อซิลิโคนรูปปริซึม กว้าง 8 มิลลิเมตร ยาว 8 มิลลิเมตร สูง 16 มิลลิเมตร จำนวน 3 ตัวอย่าง รอให้ส่วนผสมก่อตัวเต็มที่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แกะตัวอย่างออกจากแบบหล่อซิลิโคน เก็บตัวอย่างไว้ในไว้ในกล่องบรรจุสารดูดความชื้นที่มีฝาปิดมิดชิด นำตัวอย่างมาหักแบ่งครึ่งความสูงโดยบากรอยก่อนหัก เพื่อศึกษาผิวด้านในของแต่ละตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างมาเคลือบทองด้วยเครื่องเคลือบตัวอย่างด้วยผงทอง (SPI model Module, West Chester, PA, USA) แล้วศึกษาการเรียงตัวของผลึกและความพรุน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด Scanning Electron Microscopes: SEM) (JEOL model JSM 5200, JEOL Ltd., Tokyo, Japan) กำลังขยาย 75 350 และ 1,500 เท่า<sup>10</sup>

#### การวิเคราะห์สถิติ

นำค่าที่บันทึกไว้แต่ละกลุ่มและแต่ละการทดสอบ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) แล้วทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบครัสคัล-วอลลิส (Kruskal-Wallis test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

#### ผลการศึกษา

##### เวลาก่อตัว

เวลาก่อตัวของแบบหล่อยิปซัมทางทันตกรรมที่เสริมแรงด้วยผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ลดลงตามปริมาณร้อยละของผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ที่เติมลงไป ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยจากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ครัสคัล-วอลลิส พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาก่อตัวของกลุ่มทดลองซึ่งเป็นแบบหล่อยิปซัมทางทันตกรรมที่เสริมแรงด้วยผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ในอัตราส่วนต่าง ๆ ทั้ง 5 กลุ่มตัวอย่าง มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม (ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง สาม สี่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยของเวลาก่อตัวของกลุ่มทดลองยังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ยกเว้นค่าเฉลี่ยของเวลาก่อตัวของกลุ่มทดลองที่ผสมผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ร้อยละ 1.0 และร้อยละ 1.5 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 1.000$ )

##### ความทนแรงอัด

ค่าความทนแรงอัดของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่มีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับทุกกลุ่มเมื่อเทียบภายในกลุ่มทดลองพบว่าแบบหล่อยิปซัมทางทันตกรรมที่เสริมแรงด้วยผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ร้อยละ 1.5 มีค่าสูงสุด ซึ่งสูงกว่ายิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองแต่ต่ำกว่ายิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สาม

ส่วนร้อยละ 2.5 มีค่าความทนแรงอัดต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2

จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ครัสคัล-วอลลิส พบว่า ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของกลุ่มทดลองแบบหล่อยิปซัมทางทันตกรรมที่เสริมแรงด้วยผงไดไฮดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ ทั้ง 5 กลุ่มมีความแตกต่างกับยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของกลุ่มยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองที่เสริมแรงเกือบทุกกลุ่มและไม่มี การเสริมแรงมีค่าต่ำกว่ายิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ยกเว้นกลุ่มที่เสริมแรงด้วยผงไดไฮดรตร้อยละ 1.5 ไม่มีความแตกต่างกับยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 0.175$ )

#### รูพรุนและการเรียงตัวของผลึก

รูปที่ 1 แสดงภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 8 กลุ่ม พบว่า มีรูพรุนทุกชิ้น รูพรุนมีรูปร่างกลม ยิปซัมทางทันตกรรมที่เสริมแรงด้วยผงแคลเซียม และเมื่อพิจารณาการเรียงตัวของผลึกและรูปร่างของผลึกจากรูปที่ 1-3 พบว่า ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองมีรูพรุนหลายขนาดตั้งแต่ 10-100 ไมโครเมตร กระจัดกระจายโดยทั่วไป มีผลึกรูปร่างไม่แน่นอน ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สาม มีรูพรุนขนาดเล็กน้อยกว่า 10 ไมโครเมตร กระจัดกระจายโดยทั่วไป ขณะที่ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ พบการกระจายของรูพรุนหลายขนาดคล้ายกับยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง ทั้งนี้ลักษณะผลึกของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่

สามและสี่ มีขนาดผลึกค่อนข้างสม่ำเสมอ และมีขอบผลึกคมชัดและมีรูพรุนน้อยลง สำหรับยิปซัมทางทันตกรรมที่เสริมแรงด้วยผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮดรตของผงไดไฮดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 มีรูพรุนหลายขนาดตั้งแต่ 10-100 ไมโครเมตร กระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้ที่ร้อยละ 2.0 และ 2.5 พบว่าขนาดรูพรุนลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง

#### บทวิจารณ์

การศึกษาสมบัติของงานวิจัยนี้อ้างอิงตามข้อกำหนดที่ 25 ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา<sup>9</sup> ว่าด้วยผลิตภัณฑ์ของยิปซัมที่ใช้ในทางทันตกรรม จากการศึกษาสำรวจ ผู้วิจัยได้เลือกผสมผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ในสัดส่วนร้อยละ 2.5 และ 10 ในยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง เมื่อทดสอบเวลาก่อตัวแล้วพบว่า สัดส่วนร้อยละ 5 และ 10 ผู้วิจัยไม่สามารถทำงานได้ทัน ทางผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัดส่วนผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ขึ้นใหม่เป็นร้อยละ 0.5 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 แทน

เวลาก่อตัวของแบบหล่อยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองที่เสริมแรงด้วยผงไดไฮดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ลดลงตามปริมาณร้อยละของผงไดไฮดรตจากพลาสติกหีนชนิดที่สี่ที่เติมลงไป เนื่องจากผงไดไฮดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ทำหน้าที่เป็นนิวเคลียสให้ไอออนของแคลเซียมซัลเฟตจับและการสลายตัวอย่างรวดเร็วของผงแคลเซียมซัลเฟตไฮดรตทำให้สารละลายเกิดการอิมตัวยิ่งยวดทำให้การ

เกิดปฏิกิริยารวดเร็วขึ้น สอดคล้องกับการศึกษา โดย Chandara และคณะ<sup>5</sup> ซึ่งพบว่า การนำเศษ ยิปซัมที่ใช้แล้วมาผสมในปูนซีเมนต์ทำให้เวลาก่อตัวของปูนซีเมนต์เร็วขึ้น การศึกษาโดย Bohner<sup>6</sup> พบว่า การเติมผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตในระหว่างการผสมแอลฟาไตรแคลเซียมฟอสเฟต (alpha-tricalcium phosphate) จะลดเวลาก่อตัวของแอลฟาไตรแคลเซียมฟอสเฟตซีเมนต์

ค่าความทนแรงอัดของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่มีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับทุกกลุ่ม เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มทดลองพบว่า แบบหล่อยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองที่เสริมแรงด้วยผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ร้อยละ 1.5 มีค่าความทนแรงอัดไม่แตกต่างกับยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สาม ซึ่งเกิดจากความเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเกี่ยวกับอันตรกิริยาระหว่างผลึก ส่วนผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ร้อยละ 2.5 มีค่าความทนแรงอัดที่ต่ำกว่า ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง ซึ่งสันนิษฐานว่า เนื่องจากปริมาณผงไดไฮเดรตที่มากเกินไปจะก่อตัวเร็วเกินไป ทำให้คุณภาพของแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตที่ได้มีคุณภาพไม่ดี อันเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างผลึกของแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตที่ลดลง สอดคล้องกับภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดของซึ่งพบรูพรุนเป็นจำนวนมาก จึงส่งผลให้ค่าความทนแรงอัดลดลง

การเสริมแรงยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองด้วยผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ตามสัดส่วนที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้พบว่าการเสริมแรงยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองด้วยผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่

ร้อยละ 1.5 เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมในการปรับปรุงสมบัติของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองทั้งความทนแรงอัดที่เท่ากับยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สาม และมีเวลาก่อตัวที่เร็วกว่ายิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ จึงสามารถนำมาใช้ทำแบบจำลองที่ต้องการสมบัติในเรื่องความทนแรงอัดสูง นอกจากนี้เวลาก่อตัวยิปซัมที่สั้นลงเสร็จเร็วขึ้นด้วย แม้ว่ากระบวนการผลิตอาจมีความยุ่งยากในเรื่องเวลา ค่าใช้จ่าย และวัสดุอุปกรณ์ แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการผลิตในปริมาณที่น้อย ซึ่งหากเข้าสู่กระบวนการผลิตในปริมาณมากทางอุตสาหกรรมอาจทำให้ปัญหานี้หมดไป

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป ยังคงอยู่บนแนวคิดที่จะปรับปรุงสมบัติของยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองให้ดีขึ้นด้วยการเสริมแรงด้วยผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ อาจจำเป็นต้องหาสัดส่วนที่เหมาะสมยิ่งขึ้นของแบบหล่อปูนพลาสติกที่เสริมแรงด้วยผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ในช่วงร้อยละ 0.5-2.0 ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่า เป็นช่วงที่ทำให้สมบัติในเรื่องความทนแรงอัดเพิ่มขึ้น ร่วมกับการทดสอบเรื่องผลของขนาดผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ต่อคุณสมบัติต่างๆ และหาวิธีการอื่น ๆ มาร่วมปรับปรุงสมบัติให้ดีขึ้น เช่น เพิ่มความทนแรงอัดและความแข็งแรงด้วยกรดคาร์บอกซิลิก<sup>7</sup> เพิ่มเวลาก่อตัวด้วยสารบอแรกซ์<sup>1</sup> เป็นต้น

## บทสรุป

การเสริมแรงยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองด้วยผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ร้อยละ 1.5 จะช่วยปรับปรุงสมบัติทุกด้านของแบบหล่อยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองให้มีสมบัติที่ดีที่สุด

#### คำขอบคุณ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการทันตวัสดุศาสตร์ชั้น 5 คณะทันตแพทยศาสตร์ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับทดสอบกลสมบัติของตัวอย่าง และขอบคุณบริษัท เอส ดี เอส เคอร์ จำกัด ที่สนับสนุนผลิตภัณฑ์ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สาม (Hydrock Model Stone (Type III)) และ (ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ (Vel-Mix crown and bridge die stone type IV))

#### เอกสารอ้างอิง

1. Powers JM, Sakaguchi RL. Craig's restorative dental materials. 12th ed. St. Louis: Mosby, 2006: 136-41.
2. Mathieu L, Boistelle R. Improvement of the mechanical properties of set plasters by means of four organic additives inducing faces. J Cryst Growth. 1986;79:169-77.
3. Alsadi S, Edward C. Properties of gypsum with the addition of gum

arabic and calcium hydroxide. J Prosthet Dent. 1996;76:530-4.

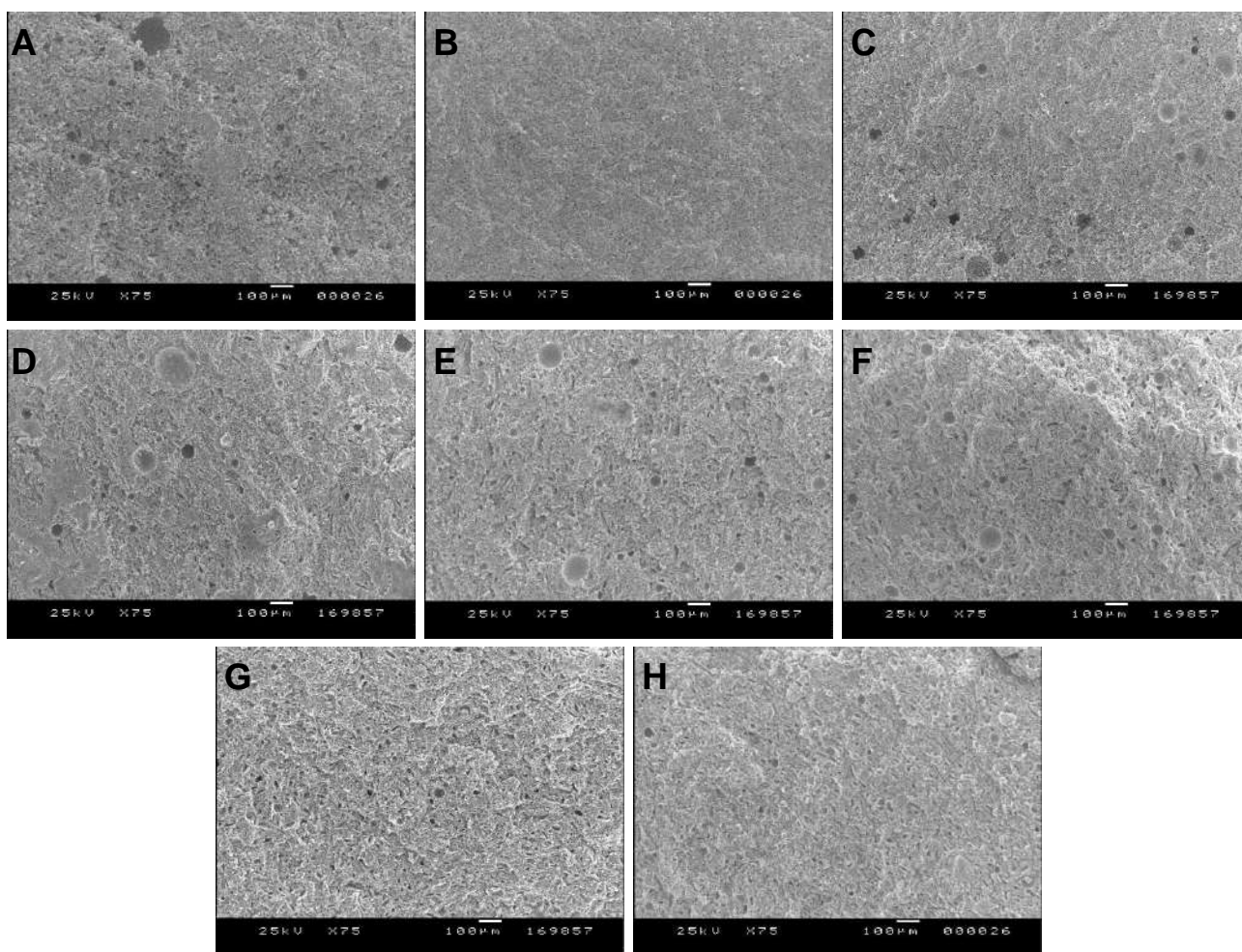
4. Huan Z, Chang J. Self-setting properties and vitro bioactivity of calcium sulfate hemihydrates-tricalcium silicate composite bone cements. Acta Biomater. 2004;3:952-60.
5. Chandara C, Azizli KAM, Ahmad ZA, Sakai E. Use of waste gypsum to replace natural gypsum as set retarders in portland cement. Waste Manage. 2009;29:1675-9.
6. Bohner M, New hydraulic cements based on a-tricalcium phosphate-calcium sulfate dihydrate mixtures. Biomaterials. 2004;25:741-9.
7. Singh NB, Middendorf B. Calcium sulfate hemihydrates hydration leading to gypsum crystallization. Prog Cryst Growth. Ch 2007;53:57-77.
8. Magallanes-Rivera RX, Escalante-García JI, Gorokhovskiy A. Hydration reactions and microstructural characteristics of hemihydrate with citric and malic acid. Constr Build Mater. 2009;23:1298-305.
9. American National Standard/American Dental Association. Revised ANSI/ADA Specification No.25 for dental gypsum products. Chicago: Illinois. 2000.
10. Al-Othman A, Demopoulos GP. Gypsum crystallization and hydrochloric acid regeneration by reaction of calcium chloride solution with sulfuric acid. Hydrometallurgy. 2009;96:95-102.

ผู้รับผิดชอบบทความ

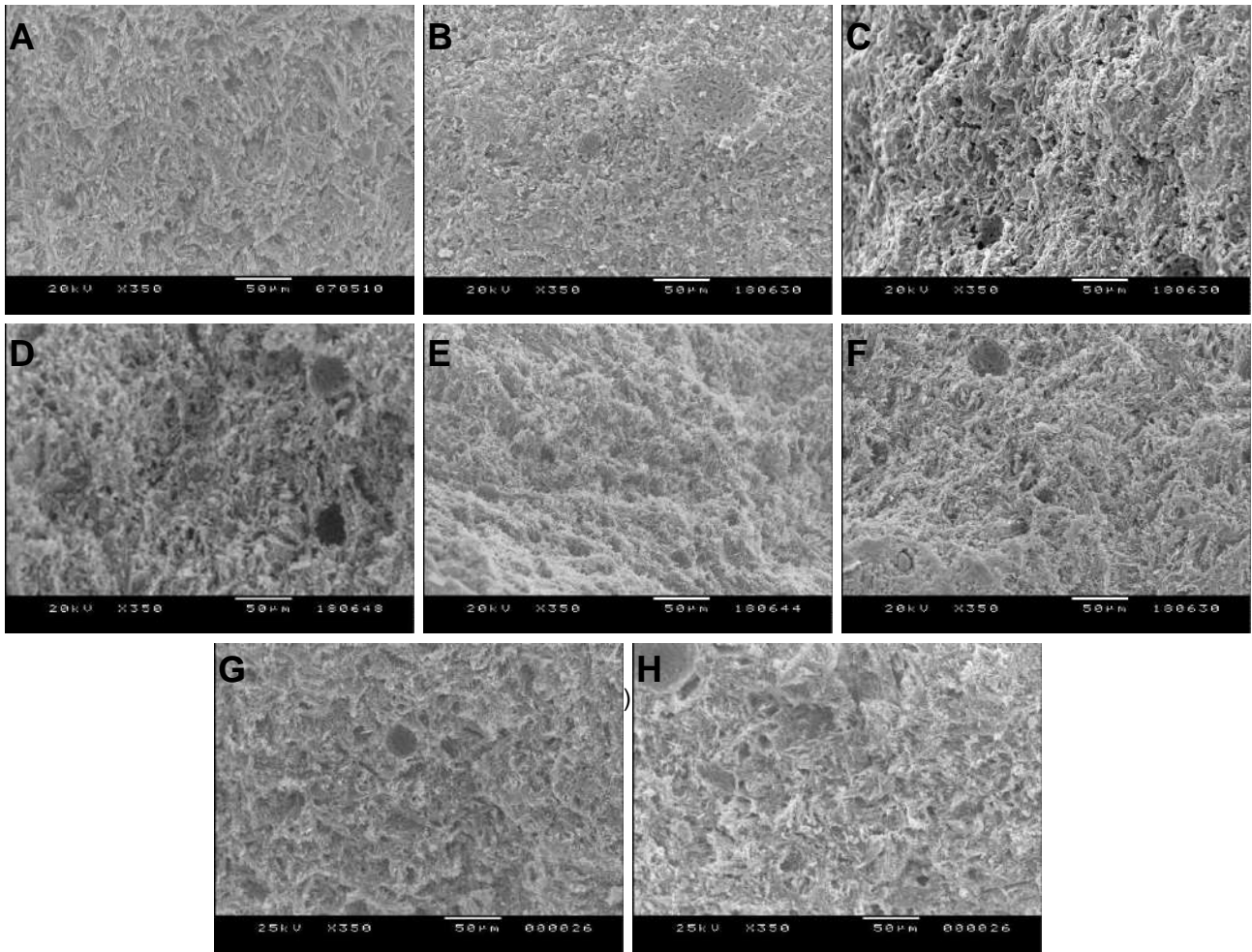
บุญเลิศ ภูเกียรติตระกูล



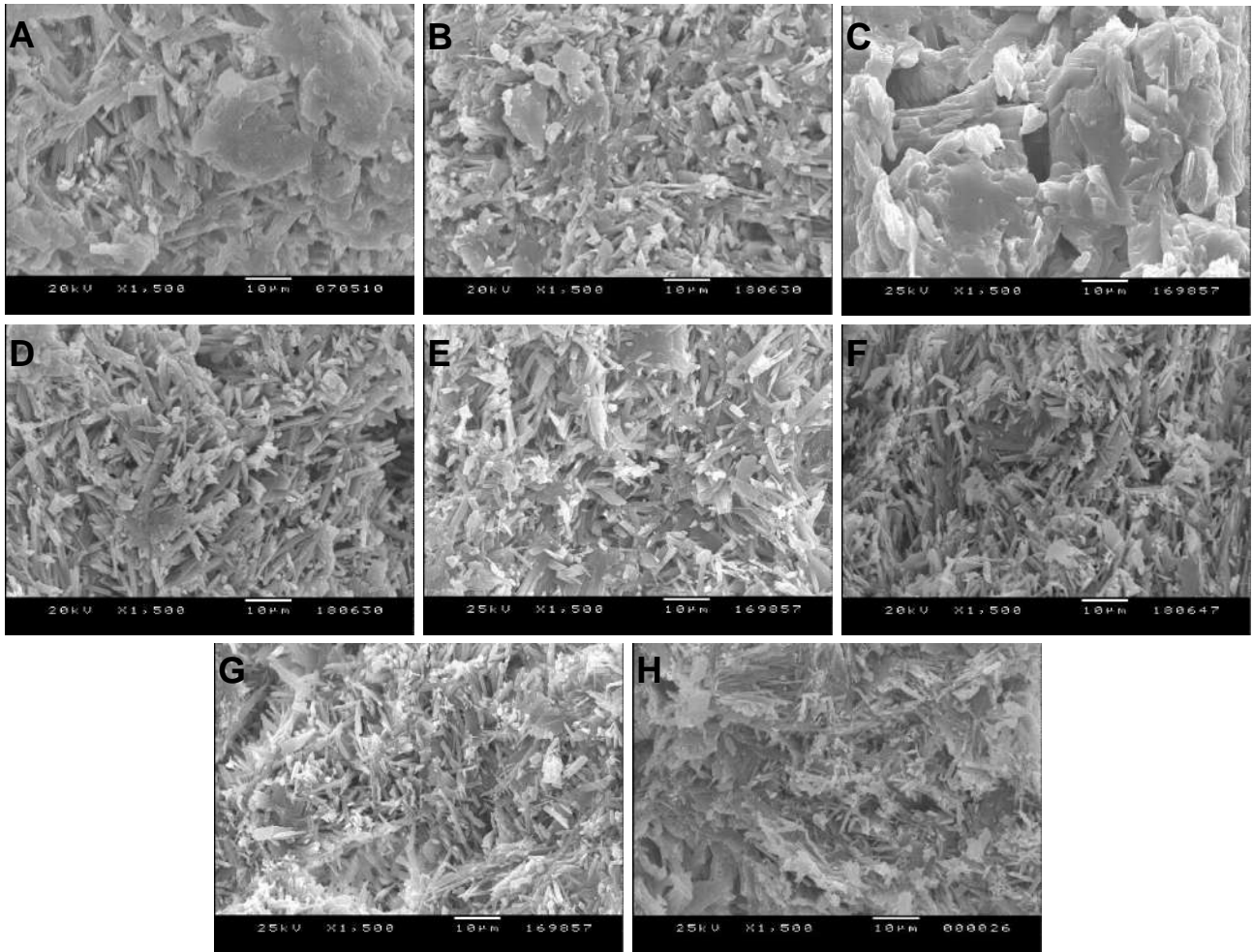
ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์ คณะทันต  
แพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112  
โทร. 074-287571



รูปที่ 1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (กำลังขยาย 75 เท่า) แสดงรูปทรง A) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง B) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สาม C) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ D) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองที่เสริมแรงด้วยผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ร้อยละ 0.5 E) 1.0 F) 1.5 G) 2.0 และ H) 2.5



รูปที่ 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (กำลังขยาย 350 เท่า) แสดงลักษณะผลึก A) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง B) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สาม C) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ D) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองที่เสริมแรงด้วยผงไดไฮดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ร้อยละ 0.5 E) 1.0 F) 1.5 G) 2.0 และ H) 2.5



รูปที่ 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (กำลังขยาย 1,500 เท่า) แสดงลักษณะผลึก A) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สอง B) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สาม C) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ D) ยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สองที่เสริมแรงด้วยผงไดไฮเดรตจากยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่สี่ร้อยละ 0.5 E) 1.0 F) 1.5 G) 2.0 และ H) 2.5

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของส่วนผงยิปซัมที่ใช้เตรียมตัวอย่าง

Group	Proportion (per cent)			
	Type III dental stone	Type IV dental stone	Plaster	Calcium sulphate dihydrate powder
Plaster	0	0	100	0
Type III dental stone	100	0	0	0
Type IV dental stone	0	100	0	0
0.5% CSDP	0	0	99.5	0.5
1.0% CSDP	0	0	99.0	1.0
1.5% CSDP	0	0	98.5	1.5
2.0% CSDP	0	0	98.0	2.0
2.5% CSDP	0	0	97.5	2.5

CSDP = Calcium sulphate dihydrate powder

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาก่อตัว (นาที) และความทนแรงอัด (เมกะปาสกาล) ของกลุ่มตัวอย่าง

Group	Properties	
	Vicat setting time (minute)	Compressive strength (MPa)
Plaster	15.79 ± 2.05 <sup>a</sup>	15.71 ± 2.06 <sup>C</sup>
Type III dental stone	10.58 ± 1.03 <sup>c</sup>	22.24 ± 1.62 <sup>B</sup>
Type IV dental stone	8.13 ± 0.21 <sup>b</sup>	44.92 ± 1.36 <sup>A</sup>
0.5% CSDP	6.75 ± 0.59 <sup>d</sup>	14.74 ± 6.09 <sup>C</sup>
1.0% CSDP	5.25 ± 0.32 <sup>e</sup>	17.57 ± 3.53 <sup>C</sup>
1.5% CSDP	5.33 ± 0.54 <sup>e</sup>	19.83 ± 4.78 <sup>B</sup>
2.0% CSDP	4.25 ± 0.01 <sup>f</sup>	11.77 ± 4.39 <sup>C</sup>
2.5% CSDP	3.50 ± 0.55 <sup>g</sup>	11.54 ± 2.46 <sup>C</sup>

CSDP = Calcium sulphate dihydrate powder<sup>a-g, A-C</sup> Different superscript letters showed statistically significant difference (p<0.05)

## Properties of plaster cast reinforced with calcium sulfate dihydrate from type IV gypsum product

---

Parintorn Satameth\* Boonlert Kukiattrakoon\*\* Jittima Direksoonthorn\*\*\*Chaimes Soonhuae\*\*\*\*Phatthariyakorn Sriburoot\*\*\*\*\*

RattayaWetpimon\*\*\*\*\*

### **Abstract**

*Objective: To study the efficacy of calcium sulfate dihydrate ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) from type IV gypsum product as reinforcing fillers on the dental plaster casts.*

*Materials and methods: Eight groups of specimens (n=24) were prepared. Control group were pure type II, type III and type IV gypsum product. Experimental groups included type II gypsum product reinforced with calcium sulfate dihydrate from type IV gypsum product size 53-75 microns by the per cent weight of 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5. These specimens were characterized for their setting time, and compressive strength. Surface characteristics, porosity and crystal structure of the cast were also examined with scanning electron microscope (SEM). The data were analyzed using Kruskal-Wallis at the significance level of 0.05.*

*Results: Regardless of the  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  content, setting time of the cast was significantly lower than that of all controls. The compressive strength of the 1.5 wt% mix was significantly higher than the other groups and also the type II gypsum product. The SEM micrographs present the distribution of crystals of  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  from type IV gypsum product among the growing crystals of dental plaster.*

*Conclusion: Within the limitation of this study, the addition of  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  powders at a specific mixing ratio improved certain mechanical properties of the cast. In case of requiring the cast with rather higher strength, the 1.5 wt% mix of  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  powders is recommended.*

**Keywords:** calcium sulfate dehydrate, cast, gypsum product

### **Correspondence Author**

Boonlert Kukiattrakoon

Department of Conservative Dentistry, Faculty of Dentistry,

Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, THAILAND 90112

Tel. 074-287571

---

Department of Conservative Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University

Department of Conservative Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University

Dental Section, Kiansa Hospital, Suratthani

Dental Section, Thanto Hospital, Yala

Dental Section, Palian Hospital, Trang

Dental Section, Kanchanadich Hospital, Suratthani