การเปรียบเทียบแรงดัดขวางของเรซินอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยความร้อน 6 ชนิด ระหว่างการบ่มโดยการต้มระยะสั้น และการบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

Comparison of transverse strength of 6 heat-cured acrylic resins between short wet cured technic and microwave technic.

ผู้ดำเนินการวิจัย

วรพงษ์ ปัญญายงค์

ไพฑูรย์ ดาวสดใส

จรรยา ชื่นอารมณ์

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา

Order Key 184571

BIB Key 1555583

เลขหมู่ RK652.5 .A43 2540 ฉ.1

เลขทะเบียน

12 มี.ค. 2542

การเปรียบเทียบแรงดัดขวางของเรซินอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยความร้อน 6 ชนิด ระหว่างการบ่มโดยการต้มระยะสั้น และการบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

(Comparison of transverse strength of 6 heat-cured acrylic resins between short wet cured technic and microwave technic.)

บทคัดย่อ

เรซินอะคริลิกที่ใช้ในการศึกษา ครั้งนี้ เป็นชนิดบ่มด้วยความร้อนโดยการต้ม จำนวน 5 ยี่ห้อ คือ โรเด็กซ์ เวอร์เท็กซ์ เมลิโอเดนท์ พาลาเดนท์ และแลง และชนิดบ่มด้วยคลื่นไมโครเวฟ 1 ยี่ห้อ คืออาครอนเอ็มซี นำเรซินอะคริลิกทั้ง 6 ยี่ห้อ มาบ่มโดยการต้มระยะสั้น และการใช้คลื่นไมโครเวฟ ใช้วิธีทดสอบการดัดโค้งแบบสามจุดเพื่อเปรียบเทียบค่าแรงดัดขวางของ เรซินอะคริลิกที่ใช้วิธีการบ่มที่แตกต่างกัน ผลจากการวิเคราะห์ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกแต่ละยี่ห้อ พบว่า ยี่ห้อโรเด็กซ์และเวอร์เท็กซ์ที่บ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ มีค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยสูงกว่าการบ่มโดยการต้ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนเรซินอะคริลิกยี่ห้ออื่นๆ พบว่าค่าแรงดัดขวางไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อใช้วิธีการบ่มที่ต่างกัน

Abstract

Five brands of heat-cured denture base acrylic resins (Rodex Vertex Meliodent paladent and Lang) and one of microwave polymerized denture base acrylic resin (Acron MC) were used in this study. Each acrylic resin was cured by the short cured boiling water method and the microwave polymerized method. The transverse strength was measured by 3 point bending testing. The results showed that the transverse strength of Rodex and Vertex, which were polymerized by microwave , had higher statistical significance than those cured by short time boiling water. The transverse strength of other brands of acrylic resin were no different significant statisticant ($p>.05$) due to different curing methods.

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	1
สารบัญ	2
บทคัดย่อ	3
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	4
วัตถุประสงค์การวิจัย	8
วิธีการวิจัย	9
ผลการวิจัย	14
อภิปรายผลการวิจัย	18
สรุปผลการวิจัย	19
ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไป	19
เอกสารอ้างอิง	20
ภาคผนวก	22
ประวัติผู้วิจัย	29

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผู้ป่วยที่สูญเสียฟันและจำเป็นต้องใช้ฟันปลอมทดแทน ย่อมต้องการฟันปลอมที่มีสมบัติใกล้เคียงฟันแท้มากที่สุด ดังนั้นวัสดุที่ใช้ในการทำฟันปลอมและฐานฟันปลอมควรมีทั้งความสวยงามและความแข็งแรง เพื่อผลทางจิตใจและการดำรงชีวิตอย่างปกติของผู้ป่วย

ในอดีต วัสดุที่ใช้ทำฐานฟันปลอม ได้แก่ ยางนึ่ง (vulcanized rubber) แบกีไลต์ (bakelite) เซลลูโลสไนเตรต (cellulose nitrate) ไนลอน (nylon) ไวนีลพอลิเมอร์ (vinyl polymer) และพอลิสไตรีน (polystyrene) วัสดุเหล่านี้มีปัญหาหลายประการ ส่วนใหญ่ก็คือ ดูดน้ำมาก มิติเปลี่ยนมาก มีสีและกลิ่นไม่เป็นที่พอใจ จึงเลิกใช้ไป จนมาถึงการใช้พอลิเมธิลเมทาไครเลต (polymethyl metacrylate) หรือเรียกสั้นๆว่า เรซินอะคริลิก (acrylic resins) ซึ่งใช้ทำเป็นฐานฟันปลอมมากว่า 50 ปี และมีการปรับปรุงสมบัติด้านต่างๆ มาโดยตลอด (Stafford, et al.,1980) รวมทั้งมีความพยายามในการปรับปรุงกระบวนการผลิตฐานฟันปลอมด้วยเรซินอะคริลิกอีกด้วย โดยเฉพาะเรซินอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยความร้อน เนื่องจากขั้นตอนการผลิตนั้นต้องใช้เวลามาก นับตั้งแต่การเตรียมแบบหล่อในฟลาสค์ การเตรียมเรซินอะคริลิก การอัดเรซินอะคริลิกลงแบบหล่อ การบ่ม การทำให้ฟลาสค์เย็น การแยกฟลาสค์ การตกแต่งและขัดเงา ด้วยเหตุนี้ ในปี 1968 Nishii ได้เสนอวิธีการลดเวลาในการบ่มด้วยความร้อนโดยการใช้คลื่นไมโครเวฟแทนการบ่มโดยการต้ม ซึ่งลดเวลาในการบ่มลงได้มาก ทำให้มีการผลิตฟลาสค์พลาสติกชนิดเสริมแรง (reinforced fiber plastic flask) ขึ้นในปี ค.ศ. 1985 (Levin, et al., 1989) สำหรับใช้กับเตาไมโครเวฟ รวมทั้งการผลิตเรซินอะคริลิกชนิดที่บ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟโดยเฉพาะ หลังจากนั้นมีรายงานจำนวนมากที่ศึกษาเปรียบเทียบสมบัติด้านต่างๆ ของเรซินอะคริลิกชนิดที่บ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟโดยเฉพาะ กับ ชนิดที่บ่มด้วยความร้อนโดยการต้ม พบว่า ความต้านทานต่อการขัดถู (abrasion resistance) และความแข็งนูป (knoop hardness) ของอะคริลิก เรซินทั้ง 2 ชนิดนั้น ไม่ต่างกัน (Okumura, et al., 1989) ความสามารถในการถูกชะล้างโดยน้ำหรือน้ำลาย เกิดขึ้นน้อยมากและไม่ต่างกัน (Koda,et al.,1989; Koda, et al.,1990) การครีบเนื่องจากการการเจาะ (indentation creep) และการคืนตัว (recovery) ไม่ต่างกัน (Frangou and Polyzois, 1993)

นอกจากการวิจัยเปรียบเทียบสมบัติระหว่างเรซินอะคริลิกทั้ง 2 ชนิด ดังกล่าวแล้ว ยังมีการศึกษาการใช้คลื่นไมโครเวฟ ในการบ่มอะคริลิกชนิดที่บ่มด้วยความร้อนโดยการต้ม เพื่อเปรียบเทียบว่าสมบัติของเรซินอะคริลิก ชนิดดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร Truong and Thomasz (1988) พบว่ากำลังแรงดัดขวาง (transverse strength) ความแข็ง (hardness) การดูดซึมน้ำ (water sorption) น้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการชะล้าง (loss of

mass by leaching) และปริมาณมอนอเมอร์ตกค้างของเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน ที่บ่มโดยการต้มและบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ ไม่มีความแตกต่างกัน Burn และคณะ (1990) ศึกษามิติเสถียรภาพ (dimensional stability) ของเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนโดยการต้มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟแทน พบว่าให้มิติเสถียรภาพที่ดี

วรพงษ์ ปัญญายงค์ (2531) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบแรงดัดขวางของเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนจำนวน 2 ยี่ห้อที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ระหว่างวิธีบ่มโดยการต้มกับการใช้คลื่นไมโครเวฟ วัดค่าแรงดัดขวางหลังการเก็บแช่น้ำเป็นเวลา 50 ชั่วโมง พบว่าวิธีการบ่มที่ต่างกัน ไม่ทำให้ค่าแรงดัดขวางแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจากในประเทศไทยมีการใช้เรซินอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยความร้อนโดยการต้มมากมายหลายยี่ห้อ จึงเป็นสิ่งที่น่าศึกษาเพิ่มเติมว่าเรซินอะคริลิกเหล่านี้ เมื่อนำมาบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟแล้วเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน สมบัติเชิงกลของแต่ละยี่ห้อมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร และถ้านำเรซินอะคริลิกชนิดบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ มาบ่มโดยการต้มจะมีสมบัติเชิงกลเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน ที่ให้สมบัติเชิงกลที่ดีเมื่อนำมาบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ เพื่อลดเวลาในการบ่ม

พอลิเมธิลเมทาไครเลต หรือ เรซินอะคริลิก ที่ใช้ทำฐานฟันปลอม

พอลิเมธิลเมทาไครเลต เกิดจากการพอลิเมอไรซ์แบบรวมตัว (addition polymerize) ระหว่างกรดอะคริลิก (CH_2=CHCOOH) กับกรดเมทาคริลิก (CH_2=C(CH_3)COOH) (เจน รัตนไพศาล, 2533 : 385)

รูปแบบของเรซินอะคริลิก ที่ผลิตจำหน่าย แยกเป็นส่วนผงและส่วนเหลวซึ่งมีส่วนประกอบโดยทั่วไป ดังนี้

- ส่วนผง ประกอบด้วย พอลิเมธิลเมทาไครเลต สารกระตุ้นปฏิกิริยาประเภทเปอร์ออกไซด์ (peroxide initiator) และเม็ดสี (pigment)

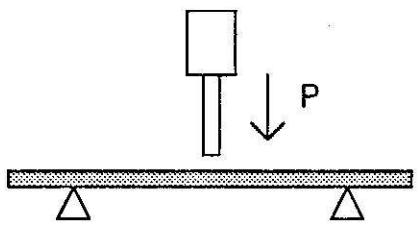
- ส่วนเหลว ประกอบด้วย มอนอเมอร์ เมธิลเมทาไครเลต สารช่วยเสถียร (stabilizer) และสารช่วยการเชื่อมขวาง (cross-linking agent)

เดิม เรซินอะคริลิก ที่ใช้ทำฐานฟันปลอม แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดบ่มด้วยความร้อน (heat-curing denture type) และชนิดบ่มด้วยตัวเอง (self-curing denture type) แต่ในปัจจุบันเทคนิคการบ่มเรซินอะคริลิกมีความก้าวหน้ามากขึ้น จึงมีการผลิตเรซินอะคริลิก ที่ใช้เทคนิคการบ่มต่างกันไป (Ferracane, 1995) ดังนี้

- ชนิดบ่มด้วยความร้อนโดยใช้การต้ม (conventional heat cured PMMA)
- ชนิดบ่มด้วยตัวเอง (cold-cured หรือ self curing PMMA)
- ชนิดบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ (microwave polymerized polymers)
- ชนิดบ่มโดยใช้แสง (light activated polymers)

กำลังแรงดัดขวาง (transverse strength)

การวัดแรงดัดขวาง เป็นวิธีการทดสอบความแข็งแรงของวัสดุอย่างหนึ่ง หลักการ คือ ใช้แรงกดกดลงบนกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ ที่ปลายทั้งสองข้างของชิ้นทดสอบวางอยู่บนแกนที่วางห่างกันระยะทางหนึ่ง ลักษณะดังภาพ



ภาพที่ 1 แสดงการทดสอบแรงดัดขวาง

การทดสอบแรงดัดขวางลักษณะนี้เป็นการทดสอบแรงดัดขวางแบบสามจุด ชิ้นทดสอบจะได้รับแรงกระทำ 3 จุดที่บริเวณปลายชิ้นทดสอบทั้ง 2 ด้านและบริเวณกึ่งกลางชิ้นทดสอบ ความเค้นที่เกิดมีทั้งความเค้นอัดที่บริเวณด้านบนของชิ้นทดสอบซึ่งจะโค้งงอเข้าหากัน และขณะเดียวกันเกิดความเค้นดึงที่ด้านล่างของชิ้นทดสอบที่มีการขยายออกเมื่อชิ้นทดสอบโค้งงอ การทดสอบในลักษณะนี้จึงเหมาะสมสำหรับวัดความแข็งแรงของวัสดุที่ใช้ทำฐานฟันปลอมซึ่งมีลักษณะบางและโค้งงอ

คลื่นไมโครเวฟ

คลื่นไมโครเวฟ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ที่มีความยาวคลื่นประมาณ 12 cm. (Ilbay, et al., 1994) เกิดจากการที่แท่งแม่เหล็กเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เกิดเป็นพลังงานคลื่นไมโครเวฟ และมีการประยุกต์นำคลื่นไมโครเวฟมาใช้ในการปรุงอาหาร โดยใช้หลักการที่ว่าเมื่อคลื่นไมโครเวฟผ่านเข้าไปในอาหารด้วยความถี่สูง 2450 MHz คลื่นจะทำให้โมเลกุลของน้ำใน

อาหารหรือโมเลกุลของอาหารที่เป็นโมเลกุลที่มีขั้วคู่ไฟฟ้า (dielectric) เกิดการสั่นสะเทือนเนื่องจากการสลับขั้วไปมาตามทิศทางของคลื่น กลายเป็นพลังงานความร้อนที่ทำให้อาหารสุกได้ และด้วยเหตุผลเดียวกับการใช้คลื่นไมโครเวฟในการทำอาหารให้สุก สามารถใช้คลื่นไมโครเวฟในการบ่มเรซินอะคริลิกได้เช่นกัน คือ เมื่อคลื่นไมโครเวฟเข้าไปในเรซินอะคริลิก จะทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการสั่นสะเทือนเกิดเป็นพลังงานความร้อนให้เรซินอะคริลิก เกิดการพอลิเมอร์ไรซ์ได้สมบูรณ์เช่นเดียวกับการใช้พลังงานความร้อนจากการต้มในน้ำร้อน แต่ความแตกต่างคือ ความร้อนที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟจะทำให้เรซินอะคริลิกเกิดความร้อนขึ้นพร้อมกันทั้งด้านนอกและด้านในทำให้การพอลิเมอร์ไรซ์เกิดได้เร็วกว่าการนำความร้อนที่เกิดจากการต้ม ซึ่งจะค่อยเกิดการแพร่กระจายความร้อนจากด้านนอกเข้าสู่ด้านใน การพอลิเมอร์ไรซ์จึงเกิดขึ้นช้ากว่า (Wallace, et al., 1991)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบแรงดัดขวาง ของเรซินอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยความร้อน จำนวน 5 ยี่ห้อ และชนิดบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ 1 ยี่ห้อ

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบแรงดัดขวาง ของเรซินอะคริลิก ระหว่างวิธีการบ่มโดยการต้มระยะสั้นและบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

3. เพื่อเป็นพื้นฐานในการวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านอื่นของเรซินอะคริลิก

วิธีการวิจัย

รูปแบบของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยหาค่าแรงดัดขวางของ เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน และเรซินอะคริลิก ชนิดที่ผลิตเพื่อบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟโดยเฉพาะ ทำการบ่มเรซินอะคริลิก 2 ชนิดดังกล่าว โดยใช้ทั้งวิธีการต้มและการใช้คลื่นไมโครเวฟ แล้วเก็บเรซินอะคริลิกดังกล่าวไว้เป็นเวลา 120 วัน ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37^{o}C ก่อนนำมาวัดค่าแรงดัดขวาง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการบ่มที่มีผลต่อค่าแรงดัดขวางของเรซินอะคริลิก

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็น เรซินอะคริลิก ที่ใช้ทำฐานฟันปลอม ซึ่งมีจำหน่ายในประเทศไทย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ตามวิธีการบ่มที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด คือ

1. เรซินอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยความร้อน จำนวน 5 ยี่ห้อ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เรซินอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยความร้อน จำนวน 5 ยี่ห้อ

ยี่ห้อ	บริษัทผู้ผลิต	อัตราส่วนผสม polymer:monomer
Rodex	Rodont s.r.l.	10 g : 4.08 ml.
Vertex	Dentimex	10 g : 4.30 ml.
Meliodent	Bayer Dental	10 g : 4.27 ml.
Paladent20	Heraeus Kulzer	10 g : 3.50 ml.
Lang	Lang Dental M.F.G.	10 g : 4.76 ml.

2. เรซินอะคริลิก ชนิดบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ จำนวน 1 ยี่ห้อ ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เรซินอะคริลิก ชนิดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ จำนวน 1 ยี่ห้อ

ยี่ห้อ	บริษัทผู้ผลิต	อัตราส่วนผสม polymer:monomer
Acron MC	GC Dental Industrial	10 g : 4.30 ml.

วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

1. เครื่องมือเตรียมชิ้นทดสอบ

1.1 ฟลาสค์พลาสติก สำหรับใช้เตรียมชิ้นทดสอบอะคริลิกเพื่อนำไปบ่มโดยคลื่นไมโครเวฟ ,G.C. International Corp.

1.2 ฟลาสค์ทองเหลือง สำหรับใช้เตรียมชิ้นทดสอบอะคริลิกเพื่อนำไปบ่มโดยการต้ม , Teledyne Hanua

1.3 ชุดเครื่องอัดฟลาสค์ด้วยไฮโดรลิก (Hydraulic flask press) , J. Morita Corporation, Japan

1.4 เครื่องบ่มอะคริลิกโดยการต้ม (Curing Unit)

1.5 เตาอบไมโครเวฟ ยี่ห้อ Turbora, Turbora International LTD.

1.6 เครื่อง Incubator สำหรับควบคุมอุณหภูมิของชิ้นทดสอบก่อนทำการทดสอบ

1.7 เครื่องชั่งไฟฟ้าละเอียด ชนิดทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler, Mettler-Toledo Ltd.

1.8 เครื่องขัดชิ้นทดสอบ Grinder-Polisher และ Hand Grinder ยี่ห้อ Buehler, Buehler UK Ltd.

1.9 เครื่องมือวัดขนาดชิ้นทดสอบ Vernier Calipers วัดได้ละเอียดถึง 0.05 ม.ม. ยี่ห้อ Mitutoyo , Mittutoyo Corporation

1.10 เลื่อยฉลุไฟฟ้า ยี่ห้อ CHIN รุ่น 16" Scroll Saw CH-S16, Chin Chuen Inc. Co.,Ltd.

2. วัสดุและอุปกรณ์ช่วยเตรียมชิ้นทดสอบ

2.1 แผ่นพลาสติกแข็งผิวเรียบ ความหนา 3.0 ม.ม. เพื่อเตรียมเป็นแผ่นต้นแบบของชิ้นทดสอบ

2.2 ปูนปลาสเตอร์

2.3 สารทาคั่นกลาง(separating Media) ยี่ห้อ CMS, Amalgamated Dental

2.4 กระดาษทรายน้ำยี่ห้อ Falcon ขนาด No. 240 (particle size = 80 m) และขนาด No. 400 (particle size = 40 m)

3. เครื่องมือทดสอบแรงดัดขวาง

3.1 เครื่อง Universal Testing Machine ยี่ห้อ Lloyd รุ่น MX100, Lloyd Instrument

3.2 หัววัดขนาดแรง (Load Cell) ขนาดวัดสูงสุด 100 นิวตัน

3.3 ชุดหัวกดทดสอบแรงดัดขวาง Three Point Bending Jig และอ่างน้ำวนควบคุมอุณหภูมิของชิ้นทดสอบซึ่งภายในมีแกน 2 อันสำหรับวางชิ้นทดสอบ ระยะห่างระหว่างแกนทั้งสอง = 50.0 ม.ม.

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแผ่นพลาสติกต้นแบบ เพื่อใช้เป็น ขนาดมาตรฐานสำหรับการเตรียมชิ้นทดสอบ โดยนำแผ่นพลาสติกผิวแข็ง เรียบ ขนาดความหนา 3.0 ม.ม. มาตัดด้วยเลื่อยฉลุไฟฟ้า ให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความยาว 67.0 ± 0.05 ม.ม. และความกว้าง 11.0 ± 0.05 ม.ม. ขัดผิวขรุขระบริเวณรอยเลื่อยให้เรียบ ด้วยกระดาษทรายน้ำ เบอร์ 400

2. การเตรียมแบบพิมพ์ชิ้นทดสอบโดยใช้แผ่นต้นแบบเป็นแม่พิมพ์

2.1 เตรียมแบบพิมพ์ชิ้นทดสอบสำหรับการบ่มโดยการต้ม ดังนี้

2.1.1 ใช้วาสลินทาผิวของแผ่นต้นแบบบริเวณผิวด้านในของฟลาสค์ทองเหลืองทุกชิ้น

2.1.2 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในอัตราส่วน 2:1 W/V ใช้เวลาในการผสม 30 วินาที นำไปวางบนเครื่องเขย่าเพื่อไล่ฟองอากาศเป็นเวลา 30 วินาที จากนั้นเทปูนที่ผสมแล้วนี้ลงใน lower half ของฟลาสค์ทองเหลือง วางแผ่นต้นแบบที่เตรียมไว้ลงบนผิวปูนกดแผ่นต้นแบบให้จมลงในผิวปูนประมาณ 1.5 ซ.ม. ตั้งทิ้งให้ปูนแข็งตัวเต็มที่ ใช้เวลาประมาณ 45 นาที แล้วจึงทาสารคั่นกลาง 2 ชั้น ลงบนผิวปูน เมื่อสารคั่นกลางแห้งแล้ว นำ upper half ของฟลาสค์ทองเหลืองมาประกบบน lower half นี้

2.1.3 ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำอีกครั้ง ตามวิธีผสมในข้อ 2.1.2 นำปูนที่ผสมแล้วนี้มาเทลงใน upper half เมื่อปิดฝาบน upper half แล้ว นำฟลาสค์ซึ่งมีแผ่นต้นแบบอยู่ภายในนี้ ไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก โดยใช้แรงอัด 50 kg/cm^2 ทิ้งฟลาสค์ไว้บนเครื่องอัดไฮโดรลิกเป็นเวลาประมาณ 45 นาที เพื่อให้ปูนแข็งตัวเต็มที่ จากนั้นนำฟลาสค์มาแยกส่วน upper half และ lower half ออกจากกัน เพื่อเอาแผ่นต้นแบบออกจากปูน

2.1.4 ล้างทำความสะอาดผิวของปูน ใน upper half และ lower half ด้วยน้ำร้อนและผงซักฟอก ปล่อยทิ้งให้ปูนแห้ง แล้วจึงทาผิวของปูนทั้งสองส่วนด้วยสารคั่นกลาง 2 ชั้น เพื่อเตรียมเป็นแบบพิมพ์ของชิ้นทดสอบอะคริลิกที่บ่มโดยการต้ม ต่อไป

2.2 เตรียมแบบพิมพ์ชิ้นทดสอบสำหรับการบ่มโดยคลื่นไมโครเวฟ โดยใช้วิธีเดียวกันกับการเตรียมแบบพิมพ์ชิ้นทดสอบสำหรับการบ่มโดยการต้ม แต่เปลี่ยนจากการใช้ฟลาสค์ทองเหลืองเป็นฟลาสค์พลาสติกแทน

3. การเตรียมอะคริลิกเพื่อทำเป็นชิ้นทดสอบ

3.1 การเตรียมอะคริลิกโดยการบ่มโดยการต้มระยะสั้น

3.1.1 ผสมผงอะคริลิกและมอนอเมอร์ตามอัตราส่วนผสมและเวลาในการผสมตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด จากนั้นนำอะคริลิกที่ผสมแล้วมาห่อด้วยแผ่นพอลิเอธีลีนเพื่อนวดอะคริลิกให้ได้ที่

แล้วจึงวางอะคริลิกผสมนี้ลงบน lower half ของฟลาสค์ทองเหลืองที่เตรียมไว้ ปิดด้านบนของอะคริลิกด้วยแผ่นพอลิเอธีลีน แล้วจึงนำส่วน upper half มาประกบลงไป นำฟลาสค์นี้ไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก โดยทำ trial pack 2 ครั้ง ครั้งแรกใช้แรงอัด 40 kg/cm^2 นำฟลาสค์ออกมาตัดส่วนเกินของอะคริลิกที่ล้นแบบพิมพ์ ครั้งที่ 2 ใช้แรงอัด 50 kg/cm^2 นำฟลาสค์ออกมาตัดส่วนเกินของอะคริลิกอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นนำฟลาสค์กลับเข้าเครื่องอัดไฮโดรลิกอีกครั้ง ใช้แรงอัด 50 kg/cm^2 ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 60 นาที

3.1.2 นำฟลาสค์ที่ได้ ไปบ่มโดยการต้มระยะสั้น โดยนำฟลาสค์ใส่ลงในเครื่องบ่มอะคริลิกโดยการต้มซึ่งมีน้ำอยู่ภายใน วิธีการบ่มคือการต้มฟลาสค์ในน้ำซึ่งปรับอุณหภูมิ 2 ช่วง ช่วงแรกปรับน้ำให้มีอุณหภูมิ 73±1^o C เป็นเวลา 90 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 100±1^o C เป็นเวลา 30 นาที รวมเวลาที่ใช้ในการบ่มด้วยวิธีการต้มระยะสั้น 120 นาที

3.1.3 นำฟลาสค์ที่บ่มอะคริลิกแล้วมาตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงแกะฟลาสค์ออกจากกัน เพื่อนำแผ่นอะคริลิกที่ได้ออกมาแช่น้ำไว้

3.2 การเตรียมอะคริลิกโดยการบ่มโดยคลื่นไมโครเวฟ

3.2.1 ผสมอะคริลิก เช่นเดียวกับ ข้อ 3.1.1 แต่ใช้ฟลาสค์พลาสติกแทนฟลาสค์ทองเหลือง โดยนำฟลาสค์เข้าเตาอบไมโครเวฟ ซึ่งตั้ง energy output 528 watt และ ตั้งเวลาในการบ่ม 4 นาที จากนั้นนำฟลาสค์ที่บ่มอะคริลิกแล้ว มาตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงแกะฟลาสค์ออกจากกันเพื่อนำแผ่นอะคริลิกที่ได้ออกมาแช่น้ำไว้

3.3 การเตรียมแผ่นอะคริลิก ให้เป็นชิ้นทดสอบมาตรฐาน โดยการนำแผ่นอะคริลิกที่ได้จากการบ่มแล้วนั้น มาขัดผิวทุกด้านด้วยเครื่อง Grinder-Polisher ใช้กระดาษทรายน้ำ เบอร์ 240 แล้วนำมาขัดอีกครั้งด้วย Hand Grinder ใช้กระดาษทรายน้ำ เบอร์ 400 จนกระทั่งได้ชิ้นทดสอบมาตรฐานที่มีขนาด ความกว้าง 10.0±0.05 ม.ม. ความยาว 65.0±0.05 ม.ม. และความหนา 2.5±0.05 ม.ม. นำชิ้นทดสอบอะคริลิกที่ได้ แช่ไว้ในน้ำกลั่น และก่อนนำไปทดสอบหาค่าแรงดัดขวางโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine ให้นำชิ้นทดสอบไปเก็บไว้ในเครื่อง Incubator ที่อุณหภูมิ 37^{o}C เป็นเวลา 120 วันก่อนทดสอบ เพื่อควบคุมอุณหภูมิของชิ้นทดสอบก่อนทดสอบให้เท่ากันทุกชิ้น

4. การทดสอบหาค่าแรงดัดขวาง โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine

4.1 ใช้หัววัดแรงขนาดวัดแรงกระทำได้สูงสุด 100 นิวตัน ชุดหัวกดทดสอบแรงดัดขวาง Three Point Bending Jig และชุดอ่างน้ำวนควบคุมอุณหภูมิของชิ้นทดสอบที่ 37±1^{o}C ประกอบเข้าที่เครื่อง Universal Testing Machine

4.2 ปรับค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของชุดกดทดสอบ ให้เคลื่อนที่กดชิ้นทดสอบด้วยความเร็ว 2.00 ม.ม./นาที

4.3 วางชิ้นทดสอบลงบนแท่นวางชิ้นทดสอบในอ่างน้ำวน

4.4 เดินเครื่องทดสอบโดยการควบคุมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์การวัดขนาดแรง รายงานผลการทดสอบในรูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ในหน่วยนิวตันกับระยะทางที่ชิ้นทดสอบแอ่นลงจนกระทั่งชิ้นทดสอบหักในหน่วยมิลลิเมตร รวมทั้งการรายงานผลค่าขนาดแรงสูงสุดที่ใช้ในการทำให้ชิ้นทดสอบหัก ในหน่วยนิวตัน

4.5 การคำนวณค่าแรงดัดขวาง (Dixon, et al.,1991) โดยใช้สูตร

$$T = \frac{3PL}{2bd^2}$$

โดยที่ T = แรงดัดขวาง (N/mm^2)

P = แรงที่ใช้ในการทำให้ชิ้นทดสอบแตกหัก (N)

L = ระยะห่างระหว่างแท่นวางชิ้นทดสอบ (mm)

b = ความกว้างของชิ้นทดสอบ (mm)

d = ความหนาของชิ้นทดสอบ (mm)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของแรงดัดขวางของแต่ละกลุ่มทดสอบ

5.2 ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล ต่อไปนี้

5.2.1 ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ในการทดสอบความแตกต่างของค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกทุกยี่ห้อที่บ่มโดยการต้ม และทดสอบความแตกต่างของค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกทุกยี่ห้อที่บ่มโดยคลื่นไมโครเวฟ

5.2.2 ใช้วิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน (t-test pairs) ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกแต่ละยี่ห้อ ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน

ผลการวิจัย

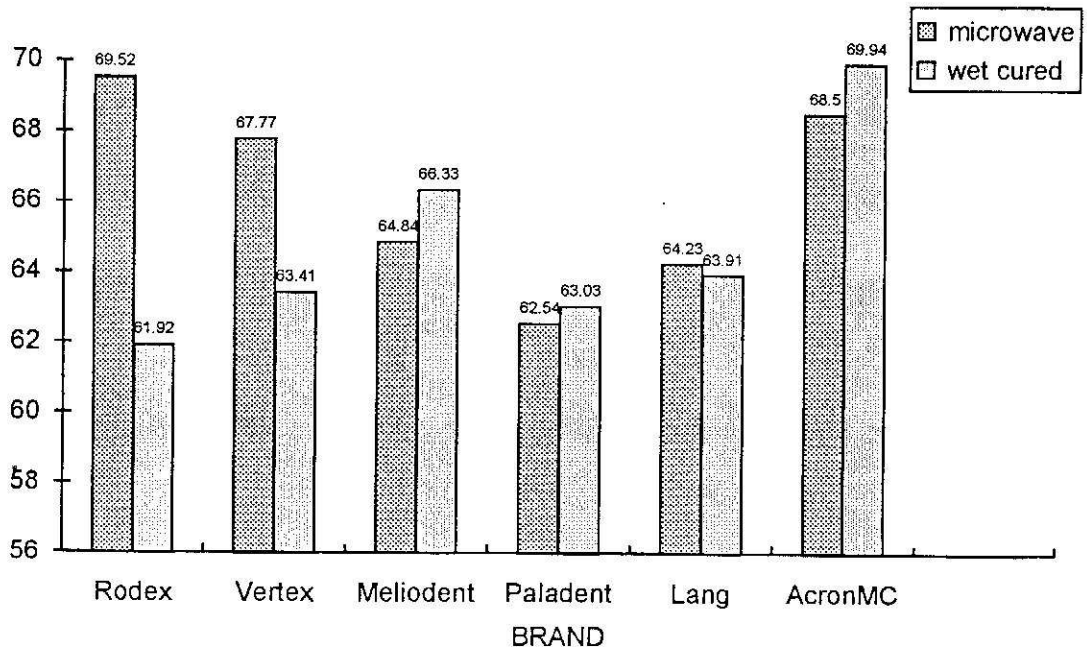
ตารางที่ 3 และภาพที่ 2 แสดงค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยจากชิ้นทดสอบ จำนวน 10 ชิ้นของเรซินอะคริลิกทั้ง 6 ยี่ห้อ เปรียบเทียบระหว่างการบ่มโดยคลื่นไมโครเวฟและโดยการต้ม พบว่าเรซินอะคริลิกที่แสดงค่าแรงดัดขวางสูงอย่างเด่นชัด ได้แก่ เรซินอะคริลิกยี่ห้ออาครอนเอ็มซีที่บ่มโดยการต้มและโดยคลื่นไมโครเวฟ (69.94 และ 68.50 เมกะปาสคาล (MPa)) และยี่ห้อโรเด็กซ์ที่บ่มโดยคลื่นไมโครเวฟ (69.52 MPa) แต่พบว่าเมื่อบ่มโรเด็กซ์โดยการต้มแล้ว กลับแสดงค่าแรงดัดขวางต่ำสุด (61.92 MPa) ในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมด

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกจำนวน 6 ยี่ห้อที่นำมาบ่มโดยคลื่นไมโครเวฟ พบว่าเรซินอะคริลิกยี่ห้อโรเด็กซ์ เวอร์เท็กซ์ และอาครอนเอ็มซีแสดงค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยสูงกว่าเรซินอะคริลิกยี่ห้อเมลิโอเดนท์ พาลาเดนท์และแลง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และเมื่อเปรียบเทียบแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกจำนวน 6 ยี่ห้อ ที่นำมาบ่มโดยการต้ม พบว่าเรซินอะคริลิกยี่ห้ออาครอนเอ็มซี มีค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยสูงกว่ายี่ห้ออื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และเมื่อพิจารณาแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกแต่ละยี่ห้อที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน (ตารางที่ 5) พบว่าเรซินอะคริลิกยี่ห้อโรเด็กซ์ และเวอร์เท็กซ์ เมื่อนำมาบ่มโดยคลื่นไมโครเวฟ จะมีค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยสูงกว่าการบ่มโดยการต้มอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ส่วนเรซินอะคริลิกอีก 4 ยี่ห้อ (เมลิโอเดนท์ พาลาเดนท์ แลง และอาครอนเอ็มซี) ที่ใช้วิธีการบ่มที่แตกต่างกัน ไม่ทำให้ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 3 ผลการวัดค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยและค่าเบี่ยงมาตรฐานของเรซินอะคริลิก

รหัส	ยี่ห้อ	วิธีการบ่ม	แรงดัดขวางเฉลี่ย (N/mm^2)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
RW	Rodex	Microwave	69.52	2.33
RM	Rodex	Wet cured	61.92	2.13
VW	Vertex	Microwave	67.77	3.93
WM	Vertex	Wet cured	63.41	3.11
MW	Meliodent	Microwave	64.84	2.44
MM	Meliodent	Wet cured	66.33	4.14
PW	Paladent20	Microwave	62.54	3.74
PM	Paladent20	Wet cured	63.03	2.20
LW	Lang	Microwave	64.23	1.20
LM	Lang	Wet cured	63.91	4.58
AW	Acron MC	Microwave	68.50	2.73
AM	Acron MC	Wet cured	69.94	2.55

ภาพที่ 2 กราฟเปรียบเทียบผลการวัดค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิก



ตารางที่ 4 Duncan's multiple range test ในการทดสอบความแตกต่างของค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิก 6 ยี่ห้อ ที่บ่มโดยคลื่นไมโครเวฟ และความแตกต่างของค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิก 6 ยี่ห้อ ที่บ่มโดยการต้ม

Brand	microwave curing (MPa)	wet curing (MPa)
Rodex	69.51±2.46 b	61.92±2.45 a
Vertex	67.77±4.14 b	63.40±3.28 ab
Meliodent	64.84±2.57 a	66.33±4.36 b
Paladent	62.54±3.94 a	63.03±2.32 a
Lang	64.23±1.27 a	63.91±4.83 ab
Acron MC	68.50±2.88 b	69.93±2.69 c

mean within the same column with the same letter are not significantly difference ($P > 0.05$)

ตารางที่ 5 การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกแต่ละยี่ห้อที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน

Brand	Microwave curing (MPa)	Wet curing (MPa)	t-test	P value
Rodex	69.52±2.46	61.9±22.25	7.76	0.000*
Vertex	67.77±4.14	63.41±3.28	2.31	0.046*
Meliodent	64.84±2.57	66.33±4.36	- 0.82	0.433
Paladent20	62.54±3.94	63.03±2.32	- 0.35	0.736
Lang	64.23±1.27	63.91±4.83	0.22	0.849
Acron MC	68.50±2.88	69.94±2.69	- 1.20	0.260

* Significant at $p < 0.05$

ตารางที่ 4 Duncan's multiple range test ในการทดสอบความแตกต่างของค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิก 6 ยี่ห้อ ที่บ่มโดยคลื่นไมโครเวฟ และความแตกต่างของค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิก 6 ยี่ห้อ ที่บ่มโดยการต้ม

Brand	microwave curing (MPa)	wet curing (MPa)
Rodex	69.51±2.46 b	61.92±2.45 a
Vertex	67.77±4.14 b	63.40±3.28 ab
Meliodent	64.84±2.57 a	66.33±4.36 b
Paladent	62.54±3.94 a	63.03±2.32 a
Lang	64.23±1.27 a	63.91±4.83 ab
Acron MC	68.50±2.88 b	69.93±2.69 c

mean within the same column with the same letter are not significantly difference ($P > 0.05$)

ตารางที่ 5 การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกแต่ละยี่ห้อที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน

Brand	Microwave curing (MPa)	Wet curing (MPa)	t-test	P value
Rodex	69.52±2.46	61.9±22.25	7.76	0.000*
Vertex	67.77±4.14	63.41±3.28	2.31	0.046*
Meliodent	64.84±2.57	66.33±4.36	- 0.82	0.433
Paladent20	62.54±3.94	63.03±2.32	- 0.35	0.736
Lang	64.23±1.27	63.91±4.83	0.22	0.849
Acron MC	68.50±2.88	69.94±2.69	- 1.20	0.260

* Significant at $p < 0.05$

อภิปรายผลการวิจัย

Kimura และคณะ (1993) รายงานว่าการใช้คลื่นไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 500 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที เหมาะสมสำหรับการบ่มเรซินอะคริลิก ให้เกิดการพอลิเมอร์ไรซ์สมบูรณ์ ขณะที่ Ilbay และคณะ (1994) รายงานว่าถ้าใช้เวลา 3 นาที อาจใช้พลังงานได้ตั้งแต่ 330 - 550 วัตต์ และถ้าใช้เวลาบ่มนาน 10 นาที จะใช้พลังงานได้ตั้งแต่ 110 - 550 วัตต์ อย่างไรก็ตามการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้เวลาในการบ่ม 4 นาที และเนื่องจากเตาอบไมโครเวฟที่ใช้เป็นชนิดเลือกกำลังคลื่นเป็นร้อยละจึงได้เลือกใช้ระดับพลังงานที่ใกล้เคียง 550 วัตต์มากที่สุด คือ 528 วัตต์ ผลการวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าการใช้คลื่นไมโครเวฟที่ระดับ 528 วัตต์ และใช้เวลาในการบ่ม 4 นาที ครั้งนี้ สามารถให้พลังงานความร้อนที่เพียงพอในการพอลิเมอร์ไรซ์ได้สมบูรณ์เทียบเท่าหรือดีกว่าการต้มระยะสั้น โดยเฉพาะกับเรซินอะคริลิกยี่ห้อโรเดกซ์และเวอร์เทกซ์ ซึ่งมีค่าแรงดัดขวางสูงกว่าการบ่มโดยการต้มอย่างเห็นได้ชัด ขณะที่ยี่ห้ออื่นๆ ที่บ่มโดยการต้มมีค่าแรงดัดขวางไม่แตกต่างจากการบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ อาจเป็นเพราะเรซินอะคริลิกแต่ละยี่ห้อมีส่วนประกอบที่แตกต่างกันทั้งส่วนที่เป็นผงพอลิเมอร์และส่วนเหลวมอนอเมอร์ รวมทั้งกำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาในการบ่มครั้งนี้ยังไม่เหมาะสมสำหรับบางยี่ห้อ

เรซินอะคริลิกโดยทั่วไป เมื่อนำมาบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟที่ระดับพลังงานและเวลาที่ไม่เหมาะสม จะเป็นเหตุให้เกิดรูพรุนในเนื้ออะคริลิกได้ เนื่องความร้อนที่รวดเร็วและสูงเกินกว่าจุดเดือดของมอนอเมอร์ ทำให้มอนอเมอร์เกิดการระเหยไปก่อนที่การพอลิเมอร์ไรซ์จะเสร็จสมบูรณ์ จึงมีการผลิตเรซินอะคริลิกสำหรับบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟโดยเฉพาะออกมา การศึกษาครั้งนี้นำอาครอนเอ็มซีมาบ่มโดยการต้ม พบว่าให้ค่าแรงดัดขวางสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับเรซินอะคริลิกยี่ห้ออื่นๆ และสูงกว่าการบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟอีกด้วย อาจเป็นเพราะส่วนประกอบของเรซินอะคริลิกชนิดนี้ผลิตมาเพื่อให้การพอลิเมอร์ไรซ์เกิดได้สมบูรณ์แม้จะได้รับความร้อนที่สูงและรวดเร็ว ดังนั้นการได้รับความร้อนอย่างช้าๆ จากการต้ม จะทำให้การพอลิเมอร์ไรซ์เกิดได้สมบูรณ์มากขึ้นขึ้น ส่งผลให้ความแข็งแรงมีค่าสูงขึ้น

อย่างไรก็ตามค่าแรงดัดขวางที่ได้ศึกษาในครั้งนี้ เป็นเพียงสมบัติเชิงกลชนิดหนึ่งของเรซินอะคริลิก ซึ่งไม่อาจสรุปถึงความแข็งแรงทั้งหมดได้ การทดสอบเพิ่มเติมถึงสมบัติเชิงกลชนิดอื่น เช่น การทดสอบแรงกระแทก ความแข็งผิว จะช่วยยืนยันความแข็งแรงได้ดีขึ้น นอกจากนั้นสมบัติด้านอื่นๆ เช่น ปริมาณมอนอเมอร์ตกค้าง การดูดน้ำ การเปลี่ยนมิติขณะพอลิเมอไรซ์ ก็มีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาต่อไป โดยเฉพาะเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนยี่ห้อโรเดกซ์และเวอร์เทกซ์เมื่อนำมาบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟแล้ว ให้ค่าแรงดัดขวางที่สูงกว่าการบ่มโดยการต้มระยะ

สั้นมาก จึงน่าสนใจในการศึกษาสมบัติอื่นเพิ่มเติม เนื่องจากถ้าสมบัติอื่นๆ ที่ทำการศึกษาต่อ เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุทำฐานฟันปลอมแล้ว การใช้เรซินอะคริลิกทั้งสองยี่ห้อในการทำฐานฟันปลอมจะช่วยร่นระยะเวลาในการผลิตและให้ความแข็งแรงสูงกว่าการทำฐานฟันปลอมที่ใช้วิธีบ่มโดยการต้ม

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนโดยการต้ม เมื่อนำมาบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ ทำให้เรซินอะคริลิกยี่ห้อ โรเดกซ์ และ เวอร์เทกซ์ มีแรงดัดขวางเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเรซินอะคริลิกยี่ห้อ เมลิโอเดนท์ พาลาเดนท์ และ แลง มีค่าแรงดัดขวางไม่แตกต่างจากการบ่มโดยการต้มอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นในทางปฏิบัติแล้ว เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนเมื่อนำมาผลิตเป็นฐานฟันปลอมโดยการบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ ค่าแรงดัดขวางก็ไม่แตกต่างไปจากการบ่มโดยการต้ม หรืออาจมีค่าสูงกว่าสำหรับบางยี่ห้อ

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไป

1. ค่าแรงดัดขวางที่ได้ศึกษาในครั้งนี้ เป็นเพียงสมบัติเชิงกลชนิดหนึ่งของเรซินอะคริลิก ซึ่งไม่อาจสรุปถึงความแข็งแรงทั้งหมดได้ การทดสอบเพิ่มเติมถึงสมบัติเชิงกลชนิดอื่น เช่น การทดสอบแรงกระแทก ความแข็งผิว จะช่วยยืนยันความแข็งแรงได้ดีขึ้น นอกจากนั้นสมบัติด้านอื่นๆ เช่น ปริมาณมอนอเมอร์ตกค้าง การดูดน้ำ การเปลี่ยนมิติขณะพอลิเมอไรซ์ ก็มีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาต่อไป โดยเฉพาะเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนยี่ห้อ Rodex และ Vertex เมื่อนำมาบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟแล้ว ให้ค่าแรงดัดขวางที่สูงกว่าการบ่มโดยการต้มระยะสั้นมาก จึงน่าสนใจในการศึกษาสมบัติอื่นเพิ่มเติม เนื่องจากถ้าสมบัติอื่นๆ ที่ทำการศึกษาต่อ เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุทำฐานฟันปลอมแล้ว การใช้เรซินอะคริลิกทั้งสองยี่ห้อในการทำฐานฟันปลอมจะช่วยร่นระยะเวลาในการผลิตและให้ความแข็งแรงสูงกว่าการทำฐานฟันปลอมที่ใช้วิธีการบ่มโดยการต้ม

2. เรซินอะคริลิกยี่ห้อ Meliodent Paladent และ Lang ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แม้การบ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟจะให้ผลการวิจัยไม่แตกต่างจากการบ่มโดยการต้มก็ตาม แต่ถ้าใช้กำลังคลื่นไมโครเวฟและระยะเวลาในการบ่มที่เหมาะสมและต่างไปจากการศึกษาในครั้งนี้ เรซินอะคริลิก แต่ ละยี่ห้อ อาจให้ค่าแรงดัดขวางที่ได้ดีกว่าในการวิจัยครั้งนี้ก็เป็นได้

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

เอกสารอ้างอิง

1. เจน รัตนไพศาล. 2533. ทันตวัสดุศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2, โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิช. กรุงเทพ.

2. วรพงษ์ ปัญญายงค์. 2531. "การเปรียบเทียบแรงดัดขวางของเรซินอะคริลิก 2 ชนิด ระหว่างวิธีการบ่มโดยการต้มระยะสั้นและคลื่นไมโครเวฟ", วิทยานิพนธ์ประกาศนียบัตรชั้นสูงทางวิทยาศาสตร์การแพทย์คลินิก สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (สำเนา)

3. ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2534. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

3. Burn, D.R., Kazanoglu, A., Moon, P.C. and Gunsolley, J.C., 1990. 'Dimensional stability of acrylic resin materials after microwave sterilization.', Int J Prosthodont, 3(5) : 489-93.

4. Combe, E.C., 1993. Notes on Dental Materials., sixth Edition, Longman Singapore Publishers Pte Ltd., Singapore.

5. Dixon, D.L., Ekstrand, K.G. and Breeding, L.C., 1991. 'The transverse strengths of three denture base resins.', J Prosthet Dent, 66 : 510-3.

6. Ferrance, J.F., 1995. Materials in Dentistry Principle and Applications. J.B. Lippincott Company, Philadelphia.

7. Frangou, M.J. and Polyzois, G.L., 1993. 'Effect of microwave polymerization on indentation creep, recovery and hardness of acrylic denture base materials.', Eur J Prosthodont Restor Dent, 1(3) : 111-5.

8. G-C Dental Industrial Corp., n.d. ACRON MC MICROWAVE - CURING DENTURE BASE ACRYLIC RESIN. G-C Dental Industrial Corp, Japan.

9. Ilbay, S.G., Guvener, S. and Alkumru, H.N., 1994. "Processing denture using a microwave technique." J Oral Rehabil, 21(1) : 103-9.

10. Kimura, H. Teraoka, F., Ohnishi, H., Saito, T. and Yato, M., 1983. 'Applications of microwave for dental technique (Part I). Dough-forming and curing of acrylic resins. J Osaka Univ Dent Sch, 23 : 43.

11. Koda, T., Tsuchiya, H., Yamauchi, M., Hoshino, Y., Takagi, N. and Kawano, J., 1989. 'High performance liquid chromatographic estimation of eluates from denture base polymers.', J Dent, 17(2) : 84-9.

12. Koda, T., Tsuchiya, H., Yamauchi, M., Ohtani, S., Takagi, N. and Kawano, J., 1990. 'Leachability of denture-base acrylic resibs in artificial saliva.", Dent Mater, 6 (1) : 13-6.

13. Levin, B., Sandaers, J.L. and Reitz, P.V., 1989. 'The use of microwave energy for processing acrylic resins.', J Prosthet Dent, 61 : 381-3.

14. Nishii, M., 1968. 'Studies on the curing of denture base resins with microwave irradiation : with particular reference to heating-curing resins.' J Osaka Univ Dent Sch, 2 : 23 - 40.

14. Okumura,K.., Yamauchi, M., Koda, T., Iwahori, M., Sakai, M. and Kawano, J., 1989. ' Abrasion resistance of microwave-curing denture base resin.', Gifu Shika Gakkai Zasshi, 16(2):551-60.

15. Stafford, G.D., Bates, J.F., Huggett, R. and Handley, R.W., 1980. ' A review of the properties of some denture base polymer", J Dent, 8(4) : 292 - 306.

16. Truong, V.T. and Thomasz, F.G.V., 1988. " Comparison of denture acrylic resins cured by boiling water and microwave energy.", Aust Dent J, 33(3) : 201 - 4.

17. Wallace, P.W., Graser, G.N., Myers, M.L. and Proskin, HM., 1991. "Dimensional accuracy of denture resin cured by microwave energy.', J Prosthet Dent, 66 : 403 - 9.

ภาคผนวก การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows

ก. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกจำนวน 6 ยี่ห้อ ที่บ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ

---ONEWAY---

Variable STRENGTH
By Variable MWCURE

Analysis of Varience

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	379.0162	75.8032	8.2340	.0000
Within Groups	54	497.1298	9.2061		
Total	59	876.1460			

Multiple Range Tests : DUNCAN test with significance level .05
The difference between two means is significant if
MEAN(J) - MEAN(I) >= 2.1455 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))
with the following value(s) for RANGE : 2.84

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

Mean	MWCURE	G G G G G G r r r r r r p p p p p p 4 5 3 2 6 1
62.5360	Grp4	
64.2320	Grp5	
64.8440	Grp3	
67.7710	Grp2	* * *
68.5010	Grp6	* * *
69.5180	Grp1	* * *

Homogeneous Subsets (highest and lowest means are not significantly differnt)

Subset 1			
Group	Grp4	Grp5	Grp3
Mean	62.5360	64.2320	64.8440
Subset 2			
Group	Grp2	Grp6	Grp1
Mean	67.7710	68.5010	69.5180

Grp1 : Rodex
Grp2 : Vertex
Grp3 : Meliodent,
Grp4 : Paladent
Grp5 : Lang
Grp6 : Acron MC

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว โดยกำหนดสมมติฐานทางสถิติสำหรับทดสอบ คือ

ผลกระทบของตัวแปร BRAND ที่บ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ ต่อ STRENGTH

H_0 : ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกจำนวน 6 ยี่ห้อ ที่บ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ อย่างน้อย 1 คู่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

H_1 : ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกจำนวน 6 ยี่ห้อ ที่บ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ อย่างน้อย 1 คู่ แตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญ

กำหนดค่าระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สรุปผลการตัดสินใจ โดยการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หรือยอมรับ H_1 เมื่อค่าความน่าจะเป็น F Prob. มีค่าน้อยกว่าค่า α ที่กำหนดขึ้นมา

<u>สำหรับสมมติฐานประเภทที่ 1 ของตัวแปร BRAND</u>

ค่า Sig of F มีค่า = 0.000 ซึ่งน้อยกว่าค่า α ที่กำหนด ดังนั้น ยอมรับสมมติฐาน H_1 คือ ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกจำนวน 6 ยี่ห้อ ที่บ่มโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ อย่างน้อย 1 คู่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ใช้วิธี Duncan's Multiple Range Tests : test with significance level .05 ในการจัดกลุ่มค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน ได้เป็น 2 กลุ่ม

ข. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกจำนวน 6 ยี่ห้อ ที่บ่มโดยการต้ม

---ONEWAY---

Variable STRENGTH
By Variable WETCURE

Analysis of Varience

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	5	428.7300	85.7460	7.2682	.0000
Within Groups	54	637.0618	11.7974		
Total	59	1065.7917			

Multiple Range Tests : Duncan test with significance level .05
The difference between two means is significant if
MEAN(J) - MEAN(I) >= 2.4267 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))
with the following value(s) for RANGE : 2.84

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

Mean	MWCURE	G G G G G G r r r r r r p p p p p p 1 4 2 5 3 6
61.9220	Grp1	
63.0320	Grp4	
63.4070	Grp2	
63.9100	Grp5	
66.3310	Grp3	**
69.9380	Grp6	******

Homogeneous Subsets (highest and lowest means are not significantly differnt)

Subset 1				
Group	Grp1	Grp4	Grp2	Grp5
Mean	61.9220	63.0320	63.4070	63.9100

Subset 2			
Group	Grp2	Grp5	Grp3
Mean	63.4070	63.9100	66.3310

Subset 2	
Group	Grp6
Mean	69.9380

Grp1 : Rodex
Grp2 : Vertex
Grp3 : Meliodent,
Grp4 : Paladent
Grp5 : Lang
Grp6 : Acron MC

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว โดยกำหนดสมมติฐานทางสถิติสำหรับทดสอบ คือ

ผลกระทบของตัวแปร BRAND ที่บ่มโดยการต้ม ต่อ STRENGTH

H_0 : ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกจำนวน 6 ยี่ห้อ ที่บ่มโดยการต้ม อย่างน้อย 1 คู่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

H_1 : ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกจำนวน 6 ยี่ห้อ ที่บ่มโดยการต้ม อย่างน้อย 1 คู่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

กำหนดค่าระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สรุปผลการตัดสินใจ โดยการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หรือยอมรับ H_1 เมื่อค่าความน่าจะเป็น F Prob. มีค่าน้อยกว่าค่า α ที่กำหนดขึ้นมา

<u>สำหรับสมมติฐานประเภทที่ 1 ของตัวแปร BRAND</u>

ค่า Sig of F มีค่า = 0.000 ซึ่งน้อยกว่าค่า α ที่กำหนด ดังนั้น ยอมรับสมมติฐาน H_1 คือ ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิก ที่บ่มโดยการต้ม จำแนกตามยี่ห้อ อย่างน้อย 1 คู่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ใช้วิธี Duncan's Multiple Range Tests : test with significance level .05 ในการจัดกลุ่มค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน ได้เป็น 3 กลุ่ม

ค. ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกแต่ละยี่ห้อ ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน โดยวิธีทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน

--- t-tests for paired samples ---

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
RM				69.5180	2.458	.777
	10	.0138	.703			
RW				61.9220	2.250	.777

Paired Differences Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tailed Sig
7.5960	3.094	.978	7.76	9	.000
95%CI(5.382,9.810)					

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
VM				67.7710	4.141	1.310
	10	-.285	.424			
VW				63.4070	3.280	1.037

Paired Differences Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tailed Sig
4.3640	5.971	1.888	2.31	9	.046
95%CI(.091,8.637)					

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
MM				64.8440	2.572	.813
	10	-.322	.364			
MW				66.3310	4.363	1.380

Paired Differences Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tailed Sig
-1.4870	5.734	1.813	-.82	9	.433
95%CI(-5.590,2.616)					

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
PM				62.5360	3.942	1.247
	10	.035	.924			
PW				63.0320	2.322	.734

Paired Differences Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tailed Sig
-.4960	4.505	1.425	-.35	9	.736
95%CI(-3.720,2.728)					

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean

LM				64.2320	1.265	.400
	10	.210	.560			
LW				63.9100	4.829	1.527

Paired Differences					
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tailed Sig
.3220	4.728	1.495	.22	9	.834
95%CI(-3.061,3.705)					

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
AM				68.5010	2.879	.911
	10	.079	.827			
AW				69.9380	2.686	.849

Paired Differences					
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tailed Sig
-1.4370	3.778	1.195	-1.20	9	.260
95%CI(-4.140,1.266)					

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของตารางการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าแรงดัดขวางเฉลี่ย โดยกำหนดสมมติฐานทางสถิติสำหรับทดสอบผลกระทบของตัวแปร CURING ต่อ STRENGTH ของเรซินอะคริลิกแต่ละยี่ห้อ ดังนี้

H_0 : เรซินอะคริลิกแต่ละยี่ห้อที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน มีค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

H_1 : เรซินอะคริลิกแต่ละยี่ห้อที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน มีค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

กำหนดค่าระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

สรุปผลการตัดสินใจ โดยการปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หรือยอมรับ H_1 เมื่อค่าความน่าจะเป็น 2 - tailed Sig มีค่าน้อยกว่าค่า α ที่กำหนดขึ้นมา

<u>การเปรียบเทียบค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกยี่ห้อ Rodex ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน</u>

ค่า 2 - tailed Sig มีค่า = 0.000 ซึ่งน้อยกว่าค่า α ที่กำหนด ดังนั้น ยอมรับสมมติฐาน H_1 คือ เรซินอะคริลิก ยี่ห้อ Rodex ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน ให้ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

การเปรียบเทียบค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกยี่ห้อ Vertex ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน

ค่า 2 - tailed Sig มีค่า = 0.046 ซึ่งน้อยกว่าค่า α ที่กำหนด ดังนั้น ยอมรับสมมติฐาน H_1 คือ เรซินอะคริลิก ยี่ห้อ Vertex ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน ให้ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

การเปรียบเทียบค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกยี่ห้อ Meliodent ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน

ค่า 2 - tailed Sig มีค่า = 0.433 ซึ่งมากกว่าค่า α ที่กำหนด ดังนั้น ยอมรับสมมติฐาน H_0 คือ เรซินอะคริลิก ยี่ห้อ Meliodent ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน ให้ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

การเปรียบเทียบค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกยี่ห้อ Paladent ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน

ค่า 2 - tailed Sig มีค่า = 0.736 ซึ่งมากกว่าค่า α ที่กำหนด ดังนั้น ยอมรับสมมติฐาน H_0 คือ เรซินอะคริลิก ยี่ห้อ Paladent ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน ให้ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

การเปรียบเทียบค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกยี่ห้อ Lang ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน

ค่า 2 - tailed Sig มีค่า = 0.834 ซึ่งมากกว่าค่า α ที่กำหนด ดังนั้น ยอมรับสมมติฐาน H_0 คือ เรซินอะคริลิก ยี่ห้อ Lang ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน ให้ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

การเปรียบเทียบค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยของเรซินอะคริลิกยี่ห้อ ArcronMC ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน

ค่า 2 - tailed Sig มีค่า = 0.260 ซึ่งมากกว่าค่า α ที่กำหนด ดังนั้น ยอมรับสมมติฐาน H_0 คือ เรซินอะคริลิก ยี่ห้อ ArcronMC ที่ใช้วิธีการบ่มต่างกัน ให้ค่าแรงดัดขวางเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ