

## บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ : การเตรียมกระดูกเทียมจากน้ำยางสำหรับใช้ในสื่อการสอน

**Preparation of artificial bone from latex for academic model**

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด และที่อยู่

ชื่อ-สกุล ผศ.ดร.อรสา ภัทรไพบูลย์ชัย

หน่วยงาน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ที่อยู่ สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

โทรศัพท์ 074-288199 โทรสาร 074-288199

E-mail address orasa.p@psu.ac.th

นักศึกษา / ผู้ร่วมวิจัย น.ส.ศิริินภา โสมะพันธ์ นายมานพ นवलพลับ และ นายโกศล ภูริวัฒน์

นกุล

ระยะเวลาดำเนินการ 10 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2553 ถึงวันที่ 30 เมษายน 2554

ขยายเวลาถึง กันยายน 2554

ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญ

หุ่นจำลองถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในการเรียนการสอนตั้งแต่นักเรียนมัธยมจนถึงนักศึกษา โดยเฉพาะนักศึกษาแพทย์ หุ่นจำลองที่มีใช้กันในประเทศได้ซื้อมาจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพง และหุ่นจำลองของกระดูกยังไม่มีการทำกันมากนัก ที่ีจะทำจากน้ำยางและวัสดุอื่น ส่วนที่ทำจากน้ำยางซึ่งงานที่ได้ยังไม่เหมือนกระดูกจริง ความแข็งแรงยังไม่ได้มาตรฐานหรือถ้าทำความแข็งแรงได้ ก็เป็นแข็งที่ไม่ใช่แข็งแบบกระดูก ซึ่งจากการศึกษาของ Dunham และคณะ พบว่า โมดูลัสของแข็งของกระดูกอยู่ในช่วง 2.9 - 1041.7 MPa และมี yield strength อยู่ในช่วง 0.6 - 16.3 MPa จากข้อมูลที่ทราบเบื้องต้นจะใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาในครั้งนี้โดยใช้วิธี reverse engineering ทั้งนี้จะได้เป็นการช่วยใช้ยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับยางธรรมชาติอีกประการหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปัจจัยในการเตรียมกระดูกเทียมจากน้ำยางในส่วนของ humerus bone

ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาปัจจัยในการเตรียมกระดูกเทียมจากน้ำยาง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ใช้ ข้อมูลของ Dunham และคณะ เป็นต้นแบบในการศึกษา โดยเลือกใช้น้ำยางชั้น 60% HA และทำการแปรชนิดและปริมาณของสารตัวเติม 3 ชนิด ได้แก่ สไตรีนมอนอเมอร์ ไฮสไตรเรซิน และ แป้ง เพื่อ

ปรับปรุงความแข็งและสมบัติเชิงกลของยางให้ได้สมบัติที่เหมือนกระดูกจริง โดยวัลคาไนซ์ด้วยระบบ กำมะถันแบบปกติ และระบบเปอร์ออกไซด์ กับ สไตรีนมอนอเมอร์ ในการนี้ทำการศึกษาสมบัติของ ยางคอมปานด์ โดยนำมาขึ้นรูปเป็นชั้นทดสอบต่างๆ ด้วยวิธีการ เทบนแผ่นกระจกทิ้งไว้ที่ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบ ที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วตัดเป็น ชั้นตัวอย่างตามมาตรฐาน เพื่อศึกษาสมบัติต่างๆของยางวัลคาไนซ์ จากการทดลองพบว่า สูตรน้ำ ยางที่ผสมไฮสไตรีนเรซินให้ความแข็งสูงกว่าใช้ สไตรีนมอนอเมอร์ โดยเฉพาะสูตรที่มีสัดส่วนของ ยางธรรมชาติและไฮสไตรีนเรซินเป็น 30 ต่อ 70 (โดยน้ำหนัก) ให้ความแข็งของยางเท่ากับ 96 shore A แต่เป็นความแข็งแบบเปราะ ซึ่งต่างจากการผสมไฮสไตรีนเรซินในยางแห้งที่ให้ ความแข็ง เท่ากับ 72 shore D ซึ่งเป็นความแข็งที่เหมือนกระดูกจริง นอกจากนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมัน สำปะหลังในสูตรดังกล่าวข้างต้นเป็น 40 กรัม ให้ความแข็งเพิ่มขึ้นจากเดิม โดยมีความแข็งเท่ากับ 98 shore A และทำให้ยืดเกาะและเข้ากันได้มากขึ้นระหว่างสองเฟสในระบบที่มีแป้งและน้ำยางผสม นี้ รวมทั้งได้สมบัติเชิงกลต่างๆ ได้แก่ ความต้านทานต่อแรงดึง ความต้านทานต่อแรงกระแทก ความต้านทานต่อแรงดัดโค้ง เพิ่มขึ้น แต่ความเหนียว ลดลง ดังนั้นจึงนำสูตรที่ได้ทั้งที่มีแป้งและไม่มี แป้ง ไปใช้ในการหล่อขึ้นรูปเป็นชิ้นงานรูปกระดูกในลำดับต่อไป ซึ่งในการขึ้นรูปกระดูกเทียมใช้ วิธีการหล่อแก้ว แต่อย่างไรก็ตามสูตรที่ทำจากน้ำยางสามารถทำได้ความแข็งเหมือนกระดูกจริง ส่วน สมบัติด้านอื่นๆยังต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากมีสมบัติแข็งแบบเปราะ ทำให้สามารถหักได้ ส่งผลให้เกิดประโยชน์กับนักศึกษาแพทย์ในการใช้เพื่อฝึกการต่อกระดูกโดยการดาม

### สรุปผลการวิจัย

การปรับปรุงความแข็งของยางโดยใช้สารตัวเติมต่างๆ เพื่อให้ได้ความแข็งที่เหมาะสมในการ เตรียมชิ้นงานกระดูกเทียมจากน้ำยาง พบว่า

- การผสมสไตรีนมอนอเมอร์ ในน้ำยางเพื่อปรับปรุงสมบัติทางด้านความแข็งและสมบัติเชิงกล พบว่า มอนอเมอร์ไม่สามารถนำมาใช้เป็นสารตัวเติมเพื่อปรับปรุงสมบัติข้างต้นได้
- ความแข็ง: ยางผสมไฮสไตรีนเรซินในสัดส่วนเท่ากับ 30 ต่อ 70 กรัม และใส่แป้งมัน สำปะหลังลงในสูตรปริมาณเท่ากับ 40 กรัม ให้ความแข็งของยางมากที่สุด เท่ากับ 98 shore A
- ความต้านทานต่อแรงดึง : การผสมไฮสไตรีนเรซินทำให้ความต้านทานต่อแรงดึงลดลง ซึ่ง ยางมีความเปราะไม่ทนทานต่อแรงดึง แต่เมื่อผสมแป้งมันสำปะหลังในสูตรยางที่ผสมไฮสไตรีนเรซิน ในสัดส่วนเท่ากับ 30 ต่อ 70 กรัม พบว่าแป้งสามารถเพิ่มความต้านทานต่อแรงดึงได้ โดยปริมาณ แป้งมันสำปะหลังที่สามารถช่วยเพิ่มความต้านทานต่อแรงดึงมากที่สุด เท่ากับ 40 กรัม ซึ่งให้ความ ต้านทานต่อแรงดึงเท่ากับ 0.35 MPa และมีความยืดหยุ่น ณ จุดขาด ต่ำสุดเท่ากับ 5% ยางที่ผสม ไฮสไตรีนเรซินมีความต้านทานต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น
- ความต้านทานต่อแรงกระแทก: ยางที่ผสมไฮสไตรีนเรซินในสัดส่วนเท่ากับ 30 ต่อ 70 กรัมที่ ใส่แป้งมันสำปะหลังปริมาณเท่ากับ 40 กรัม ให้ความต้านทานต่อแรงกระแทกสูงสุด ซึ่งเท่ากับ 2.122 KJ/m<sup>2</sup> โดยเมื่อปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความต้านทานต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น

- ความเหนียว: ยางผสมไฮสไตรีนเรซินในสัดส่วนเท่ากับ 30 ต่อ 70 กรัมที่ใส่แป้งมันสำปะหลังปริมาณเท่ากับ 40 กรัม ให้ความเหนียวมากที่สุด โดยมีพื้นที่ใต้กราฟมากที่สุด และพบว่ายางมีความแข็งแบบเปราะเนื่องจากมีพื้นที่ใต้กราฟลดลง

- ความต้านทานต่อแรงดัดโค้ง: การเพิ่มแป้งมันสำปะหลัง 40 กรัม ลงในสูตรยางที่ผสมไฮสไตรีนเรซินในสัดส่วนเท่ากับ 30 ต่อ 70 กรัม สามารถเพิ่มความต้านทานต่อแรงดัดโค้งของยางได้ และยังให้ความต้านทานต่อแรงดัดโค้งสูงสุด ซึ่งมีมอดูลัสแรงดัดโค้ง (Flexural Modulus) เท่ากับ 110 MPa และความเค้นสูงสุดเป็น 1.99 MPa

- การหล่อขึ้นรูปกระดูกเทียมด้วยวิธีการหล่อแบบ: สูตรที่มีน้ำยางผสมไฮสไตรีนเรซินสัดส่วนเท่ากับ 30 ต่อ 70 กรัมและแป้งมันสำปะหลังเท่ากับ 40 กรัม ให้ชิ้นงานกระดูกเทียมที่มีลักษณะแข็งแบบเปราะ สามารถแตกหักได้ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้

ดังนั้น ในการเตรียมกระดูกเทียมจากน้ำยาง สำหรับใช้ในสื่อการสอน ควรเลือกสูตรที่ใช้น้ำยางผสมไฮสไตรีนเรซินที่อัตราส่วน 30/70 และแป้ง 40 กรัม ถึงแม้ว่าจะให้สมบัติด้าน Young's Modulus และ yield strength ต่ำกว่าเกณฑ์ แต่สามารถใช้ในฝึกการต่อกระดูก โดยการตามสำหรับนักศึกษาแพทย์ ทั้งนี้จะได้เป็นการช่วยใช้ยางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับยางธรรมชาติอีกประการหนึ่งด้วย อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์กระดูกที่ผลิตขึ้น เป็นเพียงกระดูกเทียมจากยางธรรมชาติสำหรับใช้ในสื่อการสอน (แบบต้น) ยังไม่สามารถทำเป็นกระดูกกลางตรงกลางได้ในกรณีวิจัยนี้ เนื่องจากวิธีการขึ้นรูปโดยวิธีอัดเบ้าไม่เหมาะกับยางแห้ง เพราะยังไม่สามารถทำเบ้าแบบกลวงได้ เนื่องจากต้องใช้เทคโนโลยีและเงินทุนสูง อีกทั้งใช้เวลานาน จึงเสนอแนะให้ทำต่อยอดในเรื่องการขึ้นรูปให้เหมือนกระดูกมนุษย์แทน

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาสูตรน้ำยางเพื่อใช้ในการเตรียมกระดูกเทียมจากน้ำยางธรรมชาติ โดยน้ำยางธรรมชาติที่เลือกใช้คือ 60% น้ำยางข้น และทำการแปรชนิดและปริมาณของสารตัวเติม 3 ชนิด ได้แก่ สไตรีนมอนอเมอร์ ไฮสไตรีนเรซิน และแป้งมันสำปะหลัง เพื่อปรับปรุงสมบัติทางด้านความแข็งแรง และสมบัติเชิงกลของยางให้ได้สมบัติที่เหมือนกระดูกจริงที่สามารถแตกหักได้ โดยทำการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ จากการทดลองพบว่า สูตรที่ใช้ของผสมระหว่างไฮสไตรีนเรซินกับแป้งมันสำปะหลัง ให้ความแข็งแรง และสมบัติเชิงกลดีที่สุด โดยน้ำยางคอมพอนด์ผสมไฮสไตรีนเรซินที่สัดส่วน 30 ต่อ 70 (โดยน้ำหนัก) และใส่แป้งมันสำปะหลังในปริมาณ 40 กรัม เป็นสูตรที่ให้ความแข็งแรงเหมือนกระดูกจริง รวมทั้งมีสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ได้แก่ ความต้านทานต่อแรงดึง ความต้านทานต่อแรงกระแทก ความต้านทานต่อแรงดัดโค้งดีที่สุดเมื่อเทียบกับทุก ๆ สูตร แต่อย่างไรก็ตามยังให้ผลต่ำกว่าที่ได้มีการศึกษาการทำจากยางแห้งที่ใช้ยาง STR 5L โดยกระดูกจำลองที่เตรียมจากน้ำยางนี้ต้องการให้มีสมบัติแข็งแรงแบบเปราะทำให้สามารถหักได้ เพื่อให้นักศึกษาแพทย์ใช้ฝึกการต่อกระดูกโดยการดาม

### **Abstract**

To develop latex compound formulations for preparation of artificial bone is the aim of this research. In addition, 60% HA was selected as a base elastomeric. Three types of fillers such as styrene monomer, high styrene resin, and cassava starch were added to 60% HA latex at various contents to investigate for improvement the hardness and mechanical properties of rubber-like properties to the real bone. Casting technique was used to make an artificial bone product. It was found that the formulation used high styrene resin with cassava starch provide highest hardness and mechanical properties. Latex compound mixed with high styrene resin at the ratio of 30/70 (by weight) and cassava starch in amount of 40 gram gives high enough hardness as real bone, In addition, tensile strength, impact resistance, flexural strength obtained at this ratio is higher than others. However, artificial bone made from latex provide lower all properties than from STR 5L. Moreover, the obtained product from latex get brittle properties and can fracture easily as needed which is benefit for medicine student to study bone connected.