บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความต้องการหรือความจำเป็นในการใช้สารทดแทนกระดูกมีเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ การพัฒนาสารทดแทนกระดูกทั้งจากสารธรรมชาติหรือจากการสังเคราะห์ล้วนเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือให้ได้สารทดแทนกระดูกที่มีสมบัติคล้ายกระดูกมากที่สุด โดยเฉพาะความสามารถในการเหนี่ยวนำและทำให้เกิดการสร้างกระดูกได้ (osteoconductive) นอกเหนือไปจากการที่จะต้องเป็นสารที่สามารถเข้ากับเนื้อเยื่อกระดูกตรงตำแหน่งที่รับได้ดี ไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อต้านและสามารถที่จะค่อยๆ ถูกสลายไปจนหมดสมบูรณ์ในที่สุด

สารเซรามิกกลุ่มแคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate ceramics: CaP) เป็นสารทดแทนกระดูกสังเคราะห์ที่นิยมใช้กันมาก เมื่อเทียบกับสารสังเคราะห์ชนิดอื่นๆ สารสังเคราะห์ในกลุ่มของ CaP ได้แก่ ไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite: HA) ซึ่งมีสูตรทางเคมี คือ $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ และ ไตรแคลเซียมฟอสเฟต (tricalcium phosphate: TCP) ซึ่งมีสูตรทางเคมี คือ $Ca_3(PO_4)_2$ รูปแบบที่นำมาใช้ส่วนใหญ่จะเป็นแบบโครงสร้างที่มีรูพรุน (สุกิจ แสงนิพันธ์กูล, 2534)

ในกลุ่มของสาร CaP แต่ละชนิดนั้น HA เป็นวัสดุไบโอเซรามิกที่สำคัญมากที่ใช้ในการทำฟัน (dentistry) ศัลยกรรมกระดูก (orthopedic) และศัลยกรรมขากรรไกร (maxillofacial) เพราะว่า HA มีองค์ประกอบคล้ายกับกระดูกจริง ดังนั้นจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านการแพทย์อย่างแพร่หลาย อาทิเช่น เป็นวัสดุกระดูกสะโพกเทียมและวัสดุปลูกถ่ายกระดูก (Vallet-Regi and Arcos, 2005; Balamurugan et al., 2008) อีกทั้งยังใช้สำหรับซ่อมแซมกระดูกที่แตกหัก และใช้เคลือบบนผิวโลหะเพื่อเป็นวัสดุปลูกฝังกระดูก เป็นต้น (Vallet-Regi, 2001)

ในปี 1970 Carlisle ได้ศึกษาซิลิกอนและพบว่าซิลิกอนน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเกาะของกระดูก (bone calcification) บนพื้นผิววัสดุซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vallet-Regi และ Arcos. (2005) กับ Pietak et al. (2005) ที่พบว่าเมื่อมีซิลิกอนหรือกลุ่มซิลิเกตในโครงสร้างอะพาไทต์จะส่งผลทำให้สมบัติไบโอแอคทิวิตี (bioactivity) เพิ่มขึ้น และยังทำให้ประสิทธิภาพของการซ่อมแซมกระดูกเป็นไปได้อย่างเร็วขึ้น (Vallet-Regi and Arcos, 2005; Pietak et al., 2007) เพื่อทดสอบสมมติฐานนี้มีงานวิจัยหลายๆ งานได้ทำการแทนซิลิกอนในไฮดรอกซีอะพาไทต์ (silicon-substituted hydroxyapatite: SiHA) อาทิเช่นในปี 2003 Kim และคณะ ได้แทนซิลิกอนในไฮดรอกซีอะพาไทต์ และแทนซิลิกอนกับแมกนีเซียมในไฮดรอกซีอะพาไทต์เพื่อปรับปรุงสมบัติความเข้ากันได้ดีทางชีวภาพ (biocompatibility) ให้ดีขึ้น (Kim et al., 2003) และในปี 2007 Xu และ Khor ได้ทำการเติมซิลิกาในไฮดรอกซีอะพาไทต์ พบว่าซิลิกอนมีส่วนทำให้เกิดกระบวนการแบ่งเซลล์ (cell proliferation) อย่างรวดเร็ว (Xu and Khor, 2007)

จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนใจที่จะสังเคราะห์ไฮดรอกซีอะพาไทต์โดยวิธีการตกตะกอน ซึ่งเป็นวิธีการเตรียมที่ง่ายได้อนุภาคขนาดเล็กและบริสุทธิ์ เทียบเท่ากับที่ขายตามท้องตลาด ทั้งนี้สารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์ไฮดรอกซีอะพาไทต์ คือ เปลือกไข่ไก่ ซึ่งองค์ประกอบหลักของเปลือกไข่ไก่ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

และพบว่ามีปริมาณของแคลเซียมมากถึง 38.48 เปอร์เซ็นต์ และยังเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการสร้างกระดูกและฟันของสิ่งมีชีวิต นอกจากเป็นวัสดุเหลือใช้แล้วยังสามารถนำมาทำให้เกิดมูลค่าและเป็นประโยชน์ในทางการแพทย์ อย่างไรก็ตามการนำ HA ที่นำไปประยุกต์ใช้ยังมีข้อจำกัด เนื่องจาก HA มีสมบัติเชิงกลที่ต่ำ และมีอัตราการสลายตัวสูง (Kim et al., 2009) ดังนั้นจึงได้มีจุดประสงค์ที่จะปรับปรุงสมบัติเชิงกลของ HA ให้ดีขึ้น โดยทำการเตรียมวัสดุเชิงประกอบระหว่าง HA กับ พอลิคาโพรแลคโทน (polycaprolactone : PCL) หรือ HA/PCL และวัสดุเชิงประกอบระหว่าง SiHA กับ PCL หรือ SiHA/PCL เนื่องจาก PCL ถูกนำมาใช้งานทางด้านการแพทย์อย่างแพร่หลายในวิศวกรรมเนื้อเยื่อ (tissue engineering) และไม่เป็นพิษต่อร่างกาย อีกทั้งยังนำไปเป็นวัสดุปลูกฝังกระดูกอีกด้วย (Kotela et al., 2009) นอกจากนั้นยังได้ทำการเติมซิลิกอนใน HA ที่อัตราส่วนต่างๆ กัน คือ 1, 2, 3, 4, และ 5 wt% เพราะว่าซิลิกอนมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย อีกทั้งยังมีสมบัติความเข้ากันได้ดีทางชีวภาพที่ใช้ในการวิจัยทางชีวการแพทย์ ซึ่งซิลิกอนทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหรือตัวกระตุ้นให้สมบัติไบโอแอคทิวิตีของ HA ดีขึ้น ดังนั้น สารที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมานี้ได้นำมาเตรียมเป็นวัสดุเชิงประกอบเพื่อนำไปศึกษาสมบัติเชิงกลด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) โดยเลือกศึกษาสมบัติความต้านทานแรงกด (Compressive Strength)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 สังเคราะห์วัสดุผง HA และ SiHA ด้วยเทคนิคการตกตะกอน

1.2.2 ศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของ HA และ SiHA โดยใช้เทคนิค TG-DTA, XRD, FTIR, SEM และ TEM

1.2.3 ขึ้นรูปชิ้นงาน HA, SiHA, HA/PCL และ SiHA/PCL แบบอัดเม็ด ด้วยเทคนิคการอัดแบบแกนเดี่ยว

1.2.4 ศึกษาความต้านทานแรงอัดของวัสดุ HA, SiHA, HA/PCL และ SiHA/PCL ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 สังเคราะห์วัสดุผง HA และ SiHA โดยวิธีการตกตะกอน

1.3.2 ศึกษาสมบัติพื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้าง และลักษณะสัณฐานวิทยาของวัสดุผง HA และ SiHA

1.3.3 ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อเฟสของวัสดุผง HA และ SiHA

1.3.4 เตรียมวัสดุเชิงประกอบของ HA/PCL และ SiHA/PCL

1.3.5 ศึกษาสมบัติความต้านทานแรงอัดของ HA, SiHA, HA/PCL และ SiHA/PCL

1.4 สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คณะทันตแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สถานบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถสังเคราะห์วัสดุผง HA และ SiHA ที่มีขนาดอนุภาคระดับนาโนเมตร สำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านการแพทย์ต่อไป

1.5.2 สามารถเตรียมชิ้นงานวัสดุเชิงประกอบของ HA/PCL และ SiHA/PCL ให้มีสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น

1.5.3 สามารถนำวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดมูลค่าและเป็นประโยชน์ทางด้านการแพทย์

1.6 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

โครงสร้างของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ประกอบด้วย 5 บท คือ บทที่ 1 บทนำ ได้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขต สถานที่ และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงานวิจัยวิทยานิพนธ์เล่มนี้ บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต ไฮดรอกซีอะพาไทต์ โครงสร้างของไฮดรอกซีอะพาไทต์ สมบัติเชิงกลของไฮดรอกซีอะพาไทต์ การปรับปรุงสมบัติเชิงกลของไฮดรอกซีอะพาไทต์ การปรับปรุงสมบัติไบโอแอคทิวิตีของไฮดรอกซีอะพาไทต์ องค์ความรู้เกี่ยวกับพอลิเมอร์ การเตรียมวัสดุผงไฮดรอกซีอะพาไทต์ด้วยวิธีต่างๆ และการนำไปประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์และทางทันตกรรม บทที่ 3 วิธีการวิจัย แสดงถึงการสังเคราะห์วัสดุผงไฮดรอกซีอะพาไทต์ (HA) ไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีซิลิกอนในโครงสร้าง (SiHA) การเตรียมวัสดุเชิงประกอบของไฮดรอกซีอะพาไทต์กับพอลิคาโพรแลคโทน (HA/PCL) และไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีซิลิกอนในโครงสร้างกับพอลิคาโพรแลคโทน (SiHA/PCL) บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล เป็นบทที่แสดงผลของการศึกษาสมบัติพื้นฐานของวัสดุผงและการศึกษาสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบ และบทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ ของการทำวิทยานิพนธ์เล่มดังกล่าวนี้