บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากการสำรวจตัวเลขทางสถิติรายงานว่า ทุกปีในสหรัฐอเมริกามีผู้ป่วยเป็นโรคเกี่ยวกับกระดูกแตกประมาณ 6.3 ล้านคน ในผู้ป่วยจำนวนนี้มีประมาณ 550,000 คน ที่ต้องใช้วัสดุปลูกถ่ายทดแทนกระดูก และตามรายงานเมื่อปี ค.ศ. 2000 มีจำนวนการใช้วัสดุปลูกถ่ายทดแทนกระดูกส่วนสะโพกทั้งหมด 152,000 ครั้ง ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 33 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 1990 จึงคาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2030 จะมีจำนวนความต้องการใช้วัสดุปลูกถ่ายทดแทนกระดูกเพิ่มขึ้นประมาณ 272,000 ครั้ง และจากรายงานของ Clinica ที่สำรวจความต้องการของตลาดในปี ค.ศ. 2001 พบว่า ทั่วโลกมีมูลค่าการขายวัสดุปลูกถ่ายทดแทนกระดูก 15 พันล้านเหรียญสหรัฐ และมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องร้อยละ 13 ของทุกปี อีกทั้งในช่วงปี ค.ศ. 2000-2010 ประชากรของโลกที่มีอายุมากกว่า 65 ปีขึ้นไปจะมีจำนวนถึง 100,000,000 คน เนื่องจากการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดของวิทยาการทางการแพทย์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นช่วงวัยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับกระดูกมากที่สุด จึงทำให้โอกาสที่ต้องเข้ารับการผ่าตัด เพื่อปลูกถ่ายวัสดุทดแทนกระดูกอันเกิดความบกพร่องมากขึ้นตามไปด้วย [1]

ความต้องการวัสดุปลูกถ่ายทดแทนกระดูกจะขึ้นอยู่กับระดับความบกพร่อง เช่น ถ้าความบกพร่องเกิดขึ้นเล็กน้อย กระดูกสามารถงอกออกมาใหม่ภายในเวลา 2-3 สัปดาห์ในอัตราที่แน่นอน แต่ในสภาวะที่เกิดความบกพร่องอย่างรุนแรงจนกระทั่งสูญเสียเนื้อกระดูกส่วนใดๆ ย่อมมีความจำเป็นต้องใช้วัสดุปลูกถ่ายทดแทนกระดูกเพื่อรักษา และซ่อมแซม ดังนั้นวัสดุที่ถูกนำไปใช้จะต้องไม่สร้างความเสียหายต่อเนื้อเยื่อรอบๆ โดยการรักษา และซ่อมแซมกระดูกที่เกิดความบกพร่องอันเนื่องจากอุบัติเหตุ และการติดเชื้อมีหลายวิธี [1, 2] ดังนี้ การใช้กระดูกจากตัวผู้ป่วยเอง (autogenous bone) การใช้กระดูกที่ได้จากคู่แฝดที่มาจากไข่ใบเดียวกัน (isogenous bone) การใช้กระดูกที่ได้รับการบริจาคจากผู้อื่น (allogenous bone) วิธีการดังที่กล่าวมานี้มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การใช้กระดูกจากตัวผู้ป่วยเอง จะมีในปริมาณที่จำกัด และต้องทำการผ่าตัดถึง 2 ครั้ง จึงอาจทำให้ตำแหน่งของกระดูกที่ถูกตัดออกมามีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ และได้รับความบอบช้ำ การใช้กระดูกจากคู่แฝดที่มาจากไข่ใบเดียวกัน และได้รับบริจาคจากผู้อื่น มีค่าใช้จ่ายสูง เสียเวลานานในการผ่าตัด และอาจเป็นพาหะนำโรค เป็นต้น จากข้อจำกัดนี้ทำให้มีการวิจัย และพัฒนาเพิ่มขึ้นจนกระทั่งพบวิธี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใหม่ คือ การใช้วัสดุปลูกถ่ายทดแทนกระดูกจากการสังเคราะห์ขึ้น (xenogenous bone) ในกลุ่มแคลเซียมฟอสเฟต โดยเฉพาะไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งในโครงสร้างกระดูก และฟันของสัตว์มีกระดูกสันหลัง นอกจากนี้แล้วยังมีความหนาแน่นต่ำ มีความเสถียรทางเคมี มีความต้านทานต่อการขัดสีสูง ไม่ถูกต่อต้านจากระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ไม่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อ และมีอัตราการเสื่อมสลายต่ำ จากสมบัติต่างๆ ข้างต้นส่งผลให้ไฮดรอกซีอะพาไทต์ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง และเป็นที่ยอมรับในงานด้านทันตกรรม และทางการแพทย์ [3] ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้มีวัตถุประสงค์ในการนำเปลือกหอยแครงซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารและการบริโภค ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ และเพิ่มมูลค่าด้วยการใช้เตรียมแคลเซียมออกไซด์บริสุทธิ์สูงอันเป็นตัวแทนในกลุ่มแคลเซียมเข้าทำปฏิกิริยากับกลุ่มฟอสเฟต เพื่อผลิตผงไฮดรอกซีอะพาไทต์

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เตรียมผงแคลเซียมออกไซด์บริสุทธิ์สูงมากกว่า 95% โดยน้ำหนัก จากเปลือกหอยแครง เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมผงไฮดรอกซีอะพาไทต์

2. สังเคราะห์ผงไฮดรอกซีอะพาไทต์จากผงแคลเซียมออกไซด์บริสุทธิ์สูงที่เตรียมได้ด้วยวิธีการตกตะกอนร่วมทางเคมี

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1. ได้ผงแคลเซียมออกไซด์บริสุทธิ์สูงจากเปลือกหอยแครง เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ผงไฮดรอกซีอะพาไทต์

2. ได้ทราบสมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของผงแคลเซียมออกไซด์บริสุทธิ์สูงจากเปลือกหอยแครงที่มีความเหมาะสมต่อการใช้เป็นสารตั้งต้นเพื่อการผลิตผงไฮดรอกซีอะพาไทต์

3. ประเทศไทยมีผลงานสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรมที่จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยไปสู่ระดับนานาชาติ

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. วัตถุดิบที่ใช้เป็นสารตั้งต้น คือ เปลือกหอยแครง

2. ดัชนีชี้วัดในงานวิจัย คือ สมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของผงแคลเซียมออกไซด์ที่ได้จากเปลือกหอยแครง

3. สารที่ใช้ทำปฏิกิริยาร่วมกับผงแคลเซียมออกไซด์บริสุทธิ์สูงที่ผลิตได้ เพื่อผลิตผงไฮดรอกซีอะพาไทต์ คือ สารละลายในกลุ่มฟอสเฟต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สัมฤทธิ์ และคณะ (2552) [4] ศึกษาอิทธิพลของความร้อนต่อเปลือกหอยแครงที่อุณหภูมิตั้งแต่ 300°C ถึง 700°C ภายในอากาศเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ พบว่า เมื่อให้ความร้อนสูงกว่า 400°C จะเกิดการเปลี่ยนเฟสจากอราโกไนท์ไปเป็นแคลไซท์

สมหมาย และพวงทิพย์ (2544) [5] ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุองค์ประกอบโครงสร้างผลึก และผลการตอบสนองต่อการรับรังสีของโครงสร้างสัตว์ทะเลประเภทมีเปลือก และกระดองด้วยเครื่องเอ็กซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ เครื่องเอ็กซเรย์ดิฟแฟรกชัน กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดพร้อมอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุ และเครื่องอ่านแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ ทำให้ทราบปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต โครงสร้างผลึก และความสัมพันธ์ระหว่างแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์กับปริมาณรังสีที่ได้รับในตัวอย่างแต่ละชนิด โดยปัจจัยที่มีผลต่อความสัมพันธ์ของปริมาณทั้งสองคือ ลักษณะโครงสร้างของผลึกแคลเซียมคาร์บอเนตเอง (ผลึกในกลุ่มแคลไซท์ และอราโกไนท์) และผลของการเลือนลางของสัญญาณที่ได้ (fading effect of the thermo luminescence signal) เมื่อทำการวัดแสงเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ของตัวอย่างอาบรังสีที่ผ่านการเก็บไว้เป็นเวลานาน

กิตติศักดิ์ชัย และคณะ (2552) [6] ศึกษาเปลือกหอยแครงที่บดเป็นผง และเผาในบรรยากาศที่อุณหภูมิห้องตั้งแต่ 200°C ถึง 400°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ พบว่าที่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 200°C มีเฟสของอราโกไนท์เกิดขึ้น ที่อุณหภูมิ 300°C เฟสของอราโกไนท์เริ่มลดลงในขณะที่มีเฟสใหม่ของแคลไซท์เกิดขึ้นแทน ที่อุณหภูมิ 400°C มีการเปลี่ยนเฟสเป็นแคลไซท์อย่างสมบูรณ์ ซึ่งการเปลี่ยนเฟส และโครงสร้างผลึกยืนยันด้วยวิธีแบบเรียทเวลด์

Konno และคณะ (2002) [7] ศึกษาการเกิดผลึกอราโกไนท์ในปฏิกิริยา Causticizing จากการตกตะกอนของระบบสารละลาย $Ca(NO_3)_2$-$(NH_4)_2CO$ และทำการเลี้ยงผลึกที่อุณหภูมิ 25°C 50°C และ 75°C พบว่า ผลึกอราโกไนท์เกิดได้มากที่สุดที่อุณหภูมิ 50°C โดยมีปริมาณ 70-80% ของปริมาณผลึกทั้งหมด

Zhang และ Vecchio (2006) [8] ทดลองสังเคราะห์กระดูกเทียมชนิดเนื้อแน่นจากเปลือกหอย โดยใช้เปลือกหอยสังข์ (Conch) และ เปลือกหอยยักษ์ (Giant clam) เป็นวัตถุดิบตั้งต้นด้วยวิธีไฮโดรเทอร์มอลที่อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งได้นำเปลือกหอยแต่ละชนิดมาตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ในหม้อนึ่งความดันสูง (autoclave) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180 °C-240°C เป็นเวลา 2 วัน ผลจากการทดลองพบไฮดรอกซีอะพาไทต์เนื้อแน่นสำหรับนำไปใช้ผลิตวัสดุทดแทนกระดูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Yoshimura และคณะ (2004) [9] ศึกษาการเปลี่ยนเฟสของผลึกแคลไซท์เป็นผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์โดยวิธีไฮโดรเทอร์มอล จากการทำปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอร์เนตกับกรดฟอสฟอริกที่อุณหภูมิ 120^{o}C และ 180^{o}C พบว่า มีผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่บริเวณพื้นผิวของผลึกแคลไซท์ปริมาณที่เกิดขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริก และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

Tancred และคณะ (1998) [10] สังเคราะห์ผงไฮดรอกซีอะพาไทต์โดยใช้วิธีการแบบเปียกด้วยการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์กับกรดออโธฟอสฟอริกที่อุณหภูมิ 85^{o}C ตามปฏิกิริยา

$$10Ca(OH)_2 + 6H_3PO_4 \longrightarrow Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + 18H_2O$$

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ แสดงให้เห็นว่าไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่สังเคราะห์ต้องทำการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900^{o}C เป็นเวลา 15 ชั่วโมง และจะมีความเสถียรที่อุณหภูมิ 1350^{o}C

Bernache-Assollant และคณะ (2003) [11] เตรียมผงไฮดรอกซีอะพาไทต์ด้วยวิธีการตกตะกอน จากการค่อยๆ เติมสารละลายไดแอมโมเนียมฟอสเฟตที่มีแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ลงในสารละลายแคลเซียมไนเตรท โดยให้ความร้อน และอัตราการกวนคงที่ จนค่าความเป็นกรดด่างของสารผสม มีค่าเท่ากับ 9 นำสารแขวนลอยที่ได้ไปกรองโดยไม่ต้องล้าง แล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80^{o}C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำผงที่ได้ไปบดให้ละเอียดเพื่อนำไปหาค่าอัตราส่วนต่อโมลของ Ca:P ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กส์ ซึ่งพบว่าผงไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1000^{o}C จะได้ค่าอัตราส่วนต่อโมลของ Ca:P เท่ากับ 1.667 เฉพาะพีคของไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่วัดได้

Ozyegin และคณะ (2002) [12] ได้เตรียมผงไฮดรอกซีอะพาไทต์จากกระดูกต้นขาของวัวโดยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อกำจัดโปรตีน และไขมันออกให้หมด แล้วนำไปแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 850^{o}C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ไม่เหลือเชื้อโรค และสารที่จะทำให้เกิดภูมิแพ้ที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย

Kumar และคณะ (2010) [13] ทำการสังเคราะห์ และศึกษาลักษณะเฉพาะของผงนาโนชีววัสดุชนิดไฮดรอกซีอะพาไทต์-แคลไซท์ โดยการทำปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมไนเตรตกับไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟตด้วยวิธีโซล-เจล จากนั้นนำผงที่เตรียมได้แคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1100^{o}C พบว่า สารผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ ไฮดรอกซีอะพาไทต์ 47.9% และเบตาไตรแคลเซียมฟอสเฟต 4.2%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved