

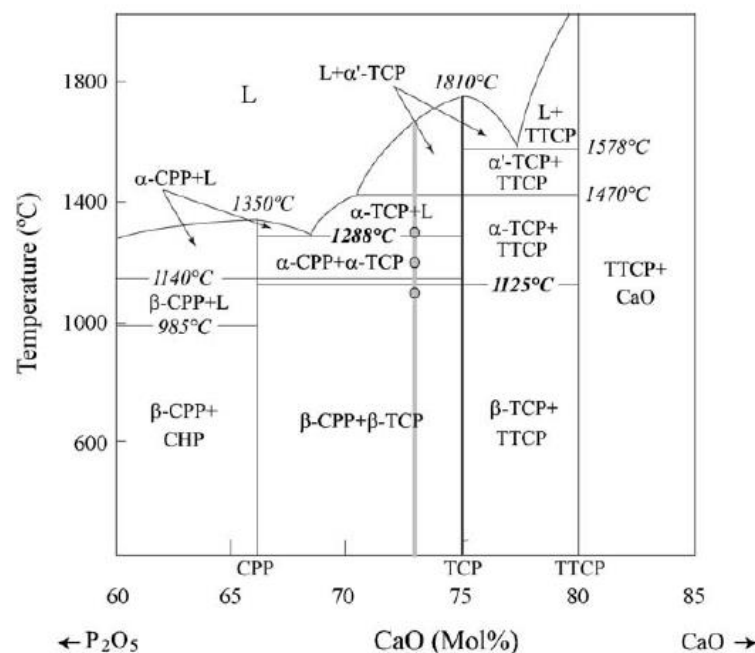
# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 บทนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาค้นคว้าด้านวัสดุทางการแพทย์และอวัยวะเทียมอย่างกว้างขวาง การศึกษาเหล่านี้นำไปสู่การค้นพบวัสดุชนิดใหม่ที่มีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสมแก่การนำมาผลิตเป็นอวัยวะเทียม เพื่อใช้ทดแทนอวัยวะบางส่วนในร่างกายที่บกพร่อง เช่น กระดูกเทียม รากฟันเทียม ลิ้นหัวใจเทียม ข้อต่อสะโพกเทียม ฯลฯ วัสดุสังเคราะห์และอวัยวะเทียมประเภทนี้สามารถทดแทนเนื้อเยื่อธรรมชาติพร้อมทั้งช่วยบำบัดและรักษาให้ร่างกายมนุษย์สามารถกลับมาเป็นปกติได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ดังนั้นในปัจจุบันการบำบัดรักษาโดยการเปลี่ยนถ่ายด้วยอวัยวะเทียม (implantation) ที่มาจากวัสดุที่สังเคราะห์ขึ้นจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในทางการแพทย์ วัสดุหลายชนิดได้รับความสนใจในการศึกษาวิจัยและพัฒนาจนสามารถนำมาใช้ได้จริงในร่างกายของมนุษย์ ในระยะแรกนิยมใช้วัสดุที่เนื่องต่อการเกิดปฏิกิริยาในทางชีวภาพ (bioinert) ตัวอย่างวัสดุในกลุ่มนี้ได้แก่ โลหะชนิดต่างๆ พลาสติกจำพวกพอลิเอทิลีน เทฟลอน ไนลอน อะคริลิก และเซรามิกประเภทอะลูมินา และจะไม่ย่อยสลายหรือทำปฏิกิริยากับร่างกายของมนุษย์อย่างไรก็ตาม อวัยวะเทียมที่ผลิตจากวัสดุที่เนื่องต่อการเกิดปฏิกิริยาในทางชีวภาพเหล่านี้ยังถือเป็นสิ่งแปลกปลอมต่อร่างกายเมื่อนำมาใช้จริง ดังนั้นร่างกายจึงสร้างเนื้อเยื่อขึ้นมาห่อหุ้มข้อที่ทดแทนด้วยอวัยวะเทียมนั้น การเคลื่อนไหวที่บริเวณรอยต่อระหว่างอวัยวะเทียมและเนื้อเยื่อเดิมของร่างกาย จะยังมีผลทำให้ความหนาของเนื้อเยื่อที่ร่างกายสร้างขึ้นมาห่อหุ้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถก่อให้เกิดการเคลื่อนหลุดของอวัยวะเทียมได้ ทำให้อายุการใช้งานของอวัยวะเทียมสั้นลง วัสดุสังเคราะห์ชนิดใหม่ที่มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพ (bioactive materials) และไม่เป็นพิษต่อร่างกายถูกเสนอขึ้นมา วัสดุที่มีความไวทางชีวภาพและได้รับความสนใจมากในปัจจุบันได้แก่ วัสดุในกลุ่มแคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate) เช่น ไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite; HA) และ ไตรแคลเซียมฟอสเฟต (tricalcium phosphate) ซึ่งกลุ่ม HA นั้นได้รับความสนใจมากเนื่องจาก HA มีส่วนประกอบคล้ายกับแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของกระดูกมนุษย์[1-2]

ไตรแคลเซียมฟอสเฟต หรือ TCP มีสูตรทางเคมีที่คล้ายกับ HA คือ  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  รูปแบบที่นำมาใช้เป็นกระดูกเทียมสังเคราะห์มีสองรูปแบบด้วยกัน คือ แอลฟาไตรแคลเซียมฟอสเฟต (alpha-tricalcium phosphate;  $\alpha$ -TCP) และเบตาไตรแคลเซียมฟอสเฟต (beta-tricalcium phosphate;  $\beta$ -TCP) โดย TCP ทั้งสองชนิดจะมีสูตรทางเคมีที่ต่างกัน โดยที่  $\beta$ -TCP เมื่อเข้าไปอยู่ในร่างกายจะมีการสลายตัวที่ช้ากว่า  $\beta$ -TCP ที่จะถูกสลายได้หมดภายในระยะเวลาสั้นๆ เพียง 8-12 เดือนเท่านั้นก่อนที่จะถูกแทนที่ด้วยกระดูกทั้งหมด TCP มีข้อจำกัดอยู่หลายประการคือ ไม่ทนต่อแรงอัดและสลายตัวได้ง่ายเมื่อเทียบกับ HA ที่ทนต่อแรงอัดและแทบจะไม่มีการสลายตัวหรือเกิดการสลายตัวน้อยมาก[3] ปัจจุบันนั้น  $\beta$ -TCP เป็นที่นิยมนำมาใช้งานกันมากขึ้นตัวอย่างเช่น งานทางด้านการศัลยกรรมช่องปาก (oral surgery) และการผ่าตัดแก้ไขความพิการบนใบหน้า (craniofacial surgery) TCP เป็นองค์ประกอบเฟสหนึ่งของแคลเซียมฟอสเฟตมีความเสถียรในช่วงอุณหภูมิ 1,000-1,500 องศาเซลเซียส ซึ่ง  $\beta$ -TCP และ  $\alpha$ -TCP จะมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเฟสจาก  $\beta$ -TCP เป็น  $\alpha$ -TCP ตั้งแต่อุณหภูมิ 1,125 องศาเซลเซียสการเปลี่ยนแปลงเฟสจาก  $\beta$ -TCP ไปเป็น  $\alpha$ -TCP นั้นมีผลต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุเป็นอย่างมากเนื่องจาก  $\alpha$ -TCP มีความแข็งแรงที่ต่ำกว่า  $\beta$ -TCP และยังมีความหนาแน่นที่ต่ำกว่าเช่นกัน ทำให้งานวิจัยส่วนใหญ่ทำการศึกษาและสังเคราะห์  $\beta$ -TCP มากกว่า  $\alpha$ -TCP โดยองค์ประกอบเฟสเทียบกับอุณหภูมิของการเปลี่ยนจาก  $\beta$ -TCP ไปเป็น  $\alpha$ -TCP แสดงให้เห็นดังรูปที่ 1



ภาพที่ 1.1 เฟสไดอะแกรมของแคลเซียมและฟอสฟอรัส(CaO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)[4]

แบเรียมเซอร์โคเนียมไททานเตต (barium zirconium titanate; BZT) มีสูตรทางเคมีคือ  $Ba(Zr_{0.07}Ti_{0.93})O_3$  เป็นสารซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เพียโซอิเล็กทริกหรือ  $d_{33}$  ที่สูงโดยมีความแตกต่างกับ เลดเซอร์โคเนตไททานเตต (lead zirconatetitanate) ซึ่งเป็นพิษกับร่างกายของมนุษย์องค์ประกอบทางเคมีของ BZT มีความเสถียรสูง ทำให้ง่ายต่อการเผาผนึก (sintering) โดยมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีความหนาแน่นสูงอย่างไรก็ตามการใช้งานวัสดุดังกล่าวมักมีการใส่สารเติมแต่ง (additive) บางอย่างลงไปด้วย เพื่อเพิ่มคุณสมบัติพื้นฐานให้ดียิ่งขึ้น โดยทั่วไปแล้วสารที่ใช้เติมลงในแบเรียมไททานเตต ( $BaTiO_3$ ; BT) เช่น เติมสารจำพวก  $Sr^{2+}$  ลงใน BT เพื่อลดอุณหภูมิคูรี ( $T_c$ ) ลงเติมสารจำพวก  $Ca^{2+}$  ช่วยในการเพิ่มช่วงอุณหภูมิเสถียรของเฟสเตตระโกนอล และเติมสารจำพวก  $Co^{2+}$  ช่วยลดค่าความสูญเสียไดอิเล็กทริกที่โดยไม่มีผลกระทบต่อค่าคงที่เพียโซอิเล็กทริก นอกจากนี้ยังพบว่ากระดูกในร่างกายของมนุษย์นั้นสามารถเกิดสมบัติทางเพียโซอิเล็กทริกได้เมื่อมีการให้แรงภายนอกเข้าไปโดยปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเส้นใยคอลลาเจนภายในกระดูกที่เกิดการจัดเรียงตัวแบบไม่สมมาตรทำให้เกิดสมบัติเพียโซอิเล็กทริกขึ้นและ พบว่าเซรามิกแบเรียมเซอร์โคเนียมไททานเตตนี้ได้มีการใช้งานเกี่ยวกับวัสดุทางชีวภาพเพื่อทำให้เกิดการเหนี่ยวนำเนื้อเยื่อรอบๆ ให้เกิดเร็วยิ่งขึ้น จากคุณสมบัติดังกล่าวที่น่าสนใจนี้ทำให้มีความสนใจในการศึกษาการเติม BZT ลงใน  $\beta$ -TCP ซึ่งได้มีงานวิจัยทำการศึกษาแล้วพบว่าสนามไฟฟ้าสามารถช่วยปรับปรุงซ่อมแซมกระดูกที่แตกหัก การเหนี่ยวนำเนื้อเยื่อ และช่วยให้กระดูกสามารถเติบโตได้เร็วยิ่งขึ้น[5]

## 1.2วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุผสมเบตาไตรแคลเซียมฟอสเฟต/แบเรียมเซอร์โคเนียมไททานเตต
- 1.2.2 เพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการสังเคราะห์เบตาไตรแคลเซียมฟอสเฟตด้วยวิธีการเกิดปฏิกิริยาสถานะของแข็ง (Solid state reaction)
- 1.2.3 เพื่อศึกษาศักยภาพในการนำวัสดุที่ไม่ใช่มาประยุกต์ในด้านการแพทย์