บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

การแพทย์ในปัจจุบันได้มีการใช้วัสดุทางชีวภาพ (biomaterials) อย่างกว้างขวาง ทั้งในการทดแทนอวัยวะที่สูญเสียและงานจำพวกศัลยกรรมความงามต่างๆ วัสดุกลุ่มเซรามิกเป็นกลุ่มหนึ่งที่นิยมนำมาทำวัสดุทางชีวภาพเพื่อทดแทนกระดูก สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มที่ไม่สามารถดูดซึมได้ (nonabsorbable or relatively bioinert bioceramics) กลุ่มที่สามารถดูดซึมได้ (resorbable or biodegradable ceramics) และ กลุ่มแก้วเซรามิกชีวภาพ (bioactive glass ceramic) เนื่องด้วยเซรามิกในกลุ่มที่ไม่สามารถดูดซึมได้ จะสังเคราะห์ได้จากสารจำพวก อะลูมินา (Al_2O_3) เซอร์โคเนีย (ZrO_2) และ คาร์บอน (C) เป็นหลัก และกลุ่มแก้วเซรามิกชีวภาพนั้นจะมีองค์ประกอบหลักเป็น ซิลิกา (SiO_2) ซึ่งเป็นสารที่ไม่ได้เป็นส่วนประกอบหลักในกระดูก และ มีความเป็นพิษต่อร่างกาย แตกต่างจากเซรามิกกลุ่มที่สามารถดูดซึมได้ ซึ่งเป็นกลุ่มที่สังเคราะห์มาจากธาตุพื้นฐานที่มีในกระดูก มีความสามารถเข้ากับเนื้อเยื่อได้ดี (biocompatibility) ทำให้ไม่มีความเป็นพิษต่อร่างกายและสามารถพัฒนาเป็นกระดูกจริงในร่างกายได้ [1-2]

เซรามิกชีวภาพกลุ่มที่สามารถดูดซึมได้นี้สามารถจำแนกออกได้เป็น เซรามิกแคลเซียมฟอสเฟต (calcium-Phosphate Ceramic) เซรามิกอะลูมินาแคลเซียมฟอสเฟต (alumina-calcium-phosphate ceramic) เซรามิกซิงค์แคลเซียมฟอสฟอรัสออกไซด์ (zinc-calcium-phosphorous-oxide ceramic) เซรามิกซิงค์ซัลเฟตแคลเซียมฟอสฟต (zinc-sulfate-calcium-phosphate ceramic) และเซรามิกเฟอริกแคลเซียมฟอสฟอรัสออกไซด์ (ferric calcium phosphorous oxide ceramic) แต่กลุ่มที่โดดเด่นคือกลุ่มเซรามิกแคลเซียมฟอสเฟต เนื่องจากมีโครงสร้างใกล้เคียงกับโครงสร้างพื้นฐานของกระดูกของสิ่งมีชีวิต แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ไฮดรอกซีอะพาไทด์ (hydroxyapatite, $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$) เซรามิกไตรแคลเซียมฟอสเฟต (Tricalciumphosphate ceramic, $[Ca_3(PO_4)_2]$) และ เซรามิกเตตระแคลเซียมฟอสเฟต (Tetracalciumphosphate ceramic, $[Ca_4P2O_9]$) และมีสมบัติเชิงกลดังรูปที่ 1.1 [1-3]

TABLE 11-8. MECHANICAL PROPERTIES AND STRENGTH OF CALCIUM PHOSPHATE CERAMICS

Material	Porosity (%)	Density (mg/m^3)	Young's Modulus (GPa)	Microhardness (GPa)	Compressive Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Flexural Strength (MPa)
Hydroxyapalite	0.1–3	3.05–3.15	7–13	4.2–4.5	350–450	38–48	100–120
	10	2.7	—	4.2	—	—	—
	30	—	—	—	120–170	—	—
	40	—	—	—	60–120	—	15–35
	2.8–19.4	2.55–3.07	44–88	—	310–510	—	60–115
	2.5–26.5	—	55–110	—	≤800	—	50–115
Tetracalcium phosphate	Dense	3.1	—	—	120–200	—	—
Triacalcium phosphate	Dense	3.14	—	—	120	—	—
	36	—	—	—	7–21	5	—
Other calcium phosphates	Dense	2.8–3.1	—	—	70–170	—	—

รูป 1.1 สมบัติเชิงกลของเซรามิกแคลเซียมฟอสเฟต [3]

ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกที่จะสังเคราะห์เซรามิกแคลเซียมฟอสเฟต โดยใช้สารตั้งต้นจากแก้วฟอสเฟต (phosphate glass) เพราะแก้วฟอสเฟตนี้มีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ จุดหลอมเหลวต่ำ (low melting temperature) อยู่ที่ประมาณ 700-800 องศาเซลเซียส ตามอัตราส่วนมากน้อยของแคลเซียมและโซเดียม ทำให้ง่ายต่อกระบวนการเตรียมเพราะใช้อุณหภูมิสำหรับการหลอมแก้วชนิดนี้ต่ำ และ มีความสามารถที่จะเข้ากับเนื้อเยื่อของร่างกายได้ [4-5] แก้วฟอสเฟต ระบบที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้นั้น คือ ฟอสฟอรัสแคลเซียมโซเดียมออกไซด์ (P_2O_5-CaO-Na_2O) โดยให้ ฟอสฟอรัสออกไซด์ (P_2O_5) และ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นสารหลัก และ โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) เป็นฟลักซ์ (flux) ช่วยในการหลอม และนำแก้วฟอสเฟตนี้ไปขึ้นรูปใหม่เป็นเซรามิกแคลเซียมฟอสเฟตที่มีรูพรุน ซึ่งเป็นรูปแบบที่เหมาะต่อการใช้งานจริง เพราะรูพรุนจะเอื้อให้มีการเจริญของกระดูกที่ร่างกายสร้างขึ้นใหม่เข้าไปภายในกระดูกสังเคราะห์ [6] โดยใช้เทคนิคการระเหยออกของอนุภาคสารที่สามารถระเหยได้ (สารอินทรีย์) ในระหว่างกระบวนการเผาผนึกในการสร้างรูพรุน [7] และได้เลือกใช้การบูร เป็นสารที่สามารถระเหยได้นั้น เพราะการบูรสามารถระเหยได้อย่างสมบูรณ์ที่จุดเดือดเท่ากับ 204 $^{\circ}C$[1] จึงเหมาะอย่างยิ่งที่จะใช้กับวัสดุที่มีกระบวนการทางความร้อนต่ำ

ในปัจจุบันได้มีนักวิจัยอยู่หลายกลุ่มสนใจศึกษาสมบัติของแก้วฟอสเฟต ในเรื่องสมบัติด้านความสามารถที่จะเข้ากับเนื้อเยื่อของร่างกายได้ (biocompatibility) และ มีกลุ่มนักวิจัยที่ศึกษาสมบัติเมื่อมีการเจือธาตุบางอย่างเข้าไปในแก้วฟอสเฟตนอกเหนือจากระบบฟอสฟอรัสแคลเซียมโซเดียมออกไซด์ เช่น เติมโปรแตสเซียม (K) เพื่อเพิ่มความสามารถที่จะเข้ากับเนื้อเยื่อของร่างกายได้ [8] หรือ เติมเหล็ก (Fe) เพื่อเพิ่มการเชื่อมโยงกันของโครงสร้างแก้ว (cross link) [5] แต่เป็นการศึกษาแต่เพียงตัวแก้วฟอสเฟตเอง ไม่ได้นำแก้วฟอสเฟตนี้ไปขึ้นรูปใหม่เป็นเซรามิกแคลเซียมฟอสเฟตที่

---

[1] Materials safety Data Sheet (MSDS)

มีรูพรุน ซึ่งเป็นรูปแบบที่เหมาะต่อการประยุกต์ใช้งานจริง แก้วฟอสเฟตระบบฟอสฟอรัสแคลเซียมโซเดียมออกไซด์ที่ได้จากการสังเคราะห์จะนำไปวิเคราะห์สมบัติต่างๆของเซรามิกแคลเซียมฟอสเฟต ทั้งยังศึกษาถึงความเหมาะสมของ อัตราส่วนระหว่างแคลเซียมออกไซด์ต่อโซเดียมออกไซด์ ($CaO : Na_2O$) และ อุณหภูมิในการเผาผนึก ว่ามีผลต่อสมบัติต่างของเซรามิกที่สังเคราะห์ได้อย่างไร งานวิจัยนี้จะเป็นการสร้างองค์ความรู้ใหม่ เพื่อเป็นพื้นฐานและแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อไป อีกทั้งยังสามารถนำไปพัฒนาต่อไปได้จริงในทางการแพทย์ในอนาคต เพื่อรักษาผู้ป่วยที่ทุพพลภาพเนื่องจากการสูญเสียกระดูก จึงเป็นงานวิจัยที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์อย่างมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

1. เพื่อเตรียมเซรามิกกลุ่มแคลเซียมฟอสเฟตที่มีรูพรุน จากระบบฟอสฟอรัสแคลเซียมโซเดียมออกไซด์ (P_2O_5-CaO-Na_2O) และการบูร โดยใช้แก้วระบบฟอสฟอรัสแคลเซียมโซเดียมออกไซด์ ใน 3 อัตราส่วนคือ ($45P_2O_5$-$32CaO$-$23Na_2O$) ($45P_2O_5$-$36CaO$-$19Na_2O$) และ ($45P_2O_5$-$40CaO$-$15Na_2O$)

2. เพื่อศึกษาโครงสร้างทางจุลภาค สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และ สมบัติเชิงกลของเซรามิกกลุ่มแคลเซียมฟอสเฟตที่มีรูพรุนที่เตรียมได้ ในการนำไปประยุกต์เป็นวัสดุชีวภาพ

3. เพื่อศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนของแคลเซียมฟอสเฟต และโซเดียมฟอสเฟต ที่มีผลต่อโครงสร้างทางจุลภาค สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และ สมบัติเชิงกล ของเซรามิกกลุ่มแคลเซียมฟอสเฟตที่เตรียมได้

4. เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิเผาผนึก ที่มีผลต่อโครงสร้างทางจุลภาค สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และ สมบัติเชิงกล ของเซรามิกกลุ่มแคลเซียมฟอสเฟตที่เตรียมได้