

วิธีการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของฟอร์ชเลน 4 ชนิด ได้แก่ เฟลด์สพาติกฟอร์ชเลน อะลูมินัสฟอร์ชเลน พอร์ชเลนที่มีรูโหว่ปริมาณสูง และฟลูอออแพทาไทต์ฟอร์ชเลน เมื่อแช่ในสารละลายซิเทรตบัฟเฟอร์ กรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 4 และน้ำผลไม้รสเปรี้ยว ได้แก่ น้ำมะม่วง และน้ำส้มแปรรูป โดยมีน้ำกลั่นเป็นกลุ่มควบคุม และเปรียบเทียบผลการกัดกร่อนจากน้ำผลไม้รสเปรี้ยวต่อฟอร์ชเลน 4 ชนิด ดังนั้นในการศึกษานี้ได้เตรียมฟอร์ชเลนทั้ง 4 ชนิดอย่างละ 95 ชิ้น แล้วนำมาแช่ในสารทดสอบ 5 ชนิด เป็นเวลา 168 ชั่วโมง จากนั้นวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งผิว ความหยาบผิว การละลายของแร่ธาตุ และตรวจสภาพผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด ดังมีรายละเอียดดังนี้

ก. ขั้นตอนและวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเตรียมชิ้นตัวอย่างฟอร์ชเลน

การเตรียมเฟลด์สพาติกฟอร์ชเลน และอะลูมินัสฟอร์ชเลน

เตรียมชิ้นตัวอย่างเฟลด์สพาติกฟอร์ชเลน และอะลูมินัสฟอร์ชเลนอย่างละ 95 ชิ้น โดยนำผงเฟลด์สพาติกฟอร์ชเลน (Vita VMK 95; Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) ซี A3 Dentine สำหรับการเตรียมชิ้นตัวอย่างเฟลด์สพาติกฟอร์ชเลน และอะลูมินัสฟอร์ชเลน (Vitadur Alpha; Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) ซี A3 Dentine สำหรับการเตรียมชิ้นตัวอย่างอะลูมินัสฟอร์ชเลน ผสมกับน้ำที่ปราศจากไอออน (deionized water) อัตราส่วนผงต่อน้ำเท่ากับ 1.4 กรัมต่อ 0.2 มิลลิลิตร อัดแน่นเป็นแผ่นกลมและแห้ง จนเต็มแม่พิมพ์ซิลิโคน (Provil; Haraeus Kulzer Inc., South Bend, Ind., USA) รูปกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร นำแผ่นกลมฟอร์ชเลนที่อัดได้รูปร่างตามต้องการไปเผาในเตาเผา (porcelain furnace) (Tru-Fire; Jelenko, Armonk, N.Y., USA) โดยแผ่นกลมจะถูกปล่อยให้แห้งหน้าเตาเผาเป็นเวลา 2 นาที แล้วเผาโดยเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้อง จนถึง 600 องศาเซลเซียสในสภาวะอากาศ และเพิ่มอุณหภูมิขึ้นไปถึง 960 องศาเซลเซียสในภาวะสุญญากาศ สำหรับเฟลด์สพาติกฟอร์ชเลน และ 980 องศาเซลเซียสในภาวะสุญญากาศ สำหรับอะลูมินัสฟอร์ชเลน โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 38 องศาเซลเซียสต่อนาที ตามคำแนะนำของบริษัท

การเตรียมฟอร์ชเลนที่มีรูโหว่ปริมาณสูง

สร้างแม่แบบแผ่นกลมจากขี้ผึ้งสีน้ำเงิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร จำนวน 95 อัน ติดรูปเท จากนั้นนำไปลงในวัสดุทำเบ้าฟอสเฟต (IPS Empress, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) ตามกรรมวิธีเทคนิคลอสท์แว็กซ์ (lost wax technique) อัตราส่วนผงต่อน้ำ เท่า

กับผง 100 กรัมต่อน้ำ 29 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำเข้า อินกอต (translucent color 1 (TC 1)) (IPS Empress; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) และแท่งกด (plunger) ไปเข้าเตาเผา (burn-out furnace) (KDF; Denken Co. Ltd., Kyoto, Japan) เพื่อเผาอินกอต แท่งกดและไลซ์ขึ้น โดยเริ่มต้นจากอุณหภูมิห้อง (23 องศาเซลเซียส) จนถึงอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมินี้ไว้ 30 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 850 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาอย่างน้อย 90 นาที โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียสต่อนาที (รวมเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง 45 นาที) * เมื่อเผาไลซ์ขึ้นแล้ว นำเข้า อินกอตและแท่งกดออกจากเตาเผา โดยใช้อินกอตลงในบ้ำ แล้วตามด้วยแท่งกด จากนั้นนำไปเข้าเตาอัด (EP 600 Press Furnace; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) แล้วเพิ่มอุณหภูมิจาก 560 องศาเซลเซียสจนถึง 1180 องศาเซลเซียส แท่งกดจะกดอัดอินกอตเข้าแทนที่ส่วนที่เป็นขึ้น ด้วยความดัน 0.5 เมกะปาสคาล เมื่อกระบวนการอัดสิ้นสุดลงนำบ้ำออก ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิประมาณ 23 องศาเซลเซียส) จนเย็น ใช้เวลาประมาณ 60 นาที จากนั้นแยกชิ้นงานออกจากวัสดุทำบ้ำโดยตัดด้วยแผ่นกลม ณ ตำแหน่งความยาวของแท่งกดก่อน จากนั้นเป่าด้วยเม็ดแก้ว (glass beads) (Microblast 90 µm; Dentalfarm, Milano, Italy) ขนาด 90 ไมครอน โดยมีระยะห่างระหว่างหัวพ่นถึงชิ้นงานเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ความดัน 0.4 เมกะปาสคาล จนเห็นชิ้นงาน และพ่นต่อด้วยความดัน 0.2 เมกะปาสคาล จนได้ชิ้นงานที่ติดกับรูเทอออกมา ตัดชิ้นงานออกจากรูเทอ ด้วยแผ่นกลมกากเพชรชนิดบาง (Jota; Jota AG, Ruthi, Switzerland) ได้ชิ้นงานแผ่นกลมพอร์ซเลนที่มีลูไซต์ปริมาณสูง

การเตรียมฟลูอออแพพพาไทต์พอร์ซเลน

เตรียมชิ้นตัวอย่างฟลูอออแพพพาไทต์พอร์ซเลนจำนวน 95 ชิ้น โดยนำผงฟลูอออแพพพาไทต์พอร์ซเลน (IPS Eris; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) สี A3 Dentine ผสมกับน้ำที่ปราศจากอ็อกซิเจน อัตราส่วนผงต่อน้ำเท่ากับ 1.4 กรัมต่อ 0.2 มิลลิลิตร อัดแน่นเป็นแผ่นกลมและแห้ง จนเต็มแม่พิมพ์ซิลิโคนรูปกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร นำแผ่นกลมพอร์ซเลนที่อัดได้รูปร่างตามต้องการไปเผาในเตาเผา โดยแผ่นกลมจะถูกปล่อยให้แห้งหน้าเตาเผาเป็นเวลา 2 นาที แล้วเผาโดยเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้อง จนถึง 700 องศาเซลเซียสในสภาวะอากาศ และเพิ่มอุณหภูมิขึ้นไปถึง 920 องศาเซลเซียสในภาวะสุญญากาศ โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียสต่อนาที ตามคำแนะนำของบริษัท

นำพอร์ซเลนทั้ง 4 กลุ่มที่ได้มาขัดผิวเรียบด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ขนาด 600 และ 1200 กริท ตามลำดับ ก่อนเคลือบผิว (selfglaze) ตามคำแนะนำของแต่ละบริษัท องค์ประกอบทางเคมีของพอร์ซเลนทั้ง 4 ชนิด (ข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของพอร์ซเลนแต่ละชนิด

Chemical composition	Type of porcelain			
	Feldspathic porcelain	Aluminous porcelain	High leucite porcelain	Fluorapatite porcelain
	(VMK 95)	(Vitadur Alpha)	(IPS Empress)	(IPS Eris)
SiO ₂	52.0-68.0	62.0-65.0	59.0-63.0	60.0-72.0
Al ₂ O ₃	14.0-19.0	14.0-15.0	19.0-23.0	2.0-8.0
K ₂ O	10.0-13.0	7.0-8.0	10.0-14.0	10.0-23.0
Na ₂ O	6.0-7.0	4.0-5.0	3.5-6.5	
CaO	**	1.0-2.0	0.5-3.0	1.0-10.5
B ₂ O ₃	3.0-4.0	6.0-7.0	0.0-1.0	
ZrO ₂	5.0-6.0	0.2-0.8		
P ₂ O ₅			=	0.5-6.0
Li ₂ O	**			1.0-5.0
ZnO				8.5-20.0
BaO	**		0.0-1.5	
CeO ₂	**		0.0-1.0	
TiO ₂	2.0-3.0	**	0.0-0.5	
SnO ₂	4.0-5.0	**		
Rb ₂ O	0.0-1.0			
Fe ₂ O ₃	**	**		
MgO	**			
F ⁻				0.1-1.0

** The composition in wt% unavailable

การสกัดน้ำผลไม้รสเปรี้ยว

สุ่มเลือกซื้อผลไม้สดรสเปรี้ยวที่นิยมรับประทานของประชากรในภาคใต้ ได้แก่ มะม่วงเบา (*Magnifera indica* L.) และสับปะรด (*Ananas comosus* L.) โดยสุ่มเลือกซื้อผลไม้แต่ละชนิดประมาณ 5-

8 แห่งในช่วงเวลา 6 เดือนแรกของการวิจัย เพื่อต้องการตรวจสอบและควบคุมความแปรปรวนจากฤดูกาล และแหล่งของผลไม้ที่อาจมีผลต่อความเป็นกรดของผลไม้ จากนั้นสกัดด้วยเครื่องสกัดน้ำผลไม้สด แล้วปั่นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge machine) (Beckman model J2-MC; Beckman Instruments Incorp., Palo Alto, Calif., USA) ความเร็ว 9,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำน้ำผลไม้สดที่ได้มาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (ORION model 900A; Orion Research Incorp., Boston, Mass., USA) และหาค่าเฉลี่ยความเป็นกรดของน้ำผลไม้ทั้งสองชนิด จากนั้นวัดค่าความคงตัวของความเป็นกรด-ด่างใน 24 ชั่วโมง

การวัดความแข็งผิว

เตรียมชิ้นตัวอย่างทั้งหมดเก็บไว้ในเครื่องอบที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างมาวัดความแข็งผิว (VHN) ด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวแบบวิกเกอร์ส (Vickers hardness: VHN) (Digital Microhardness tester, Micromet II; Buehler Ltd., Lake bluff, Ill., USA) เพื่อเป็นข้อมูลก่อนการทดลอง โดยใช้เข็มรูปปริมาตรฐานสี่เหลี่ยม กดด้วยแรง 100 กรัมเป็นเวลา 10 วินาที วัด 3 ตำแหน่ง แต่ละตำแหน่งห่างกันอย่างน้อย 4 เท่าของเส้นทแยงมุมจากรอยกดแรก แล้วนำค่าความแข็งผิวทั้ง 3 ตำแหน่งมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นค่าความแข็งผิว แล้วสุ่มแบ่งชิ้นตัวอย่างของพอร์ชเลนแต่ละชนิดเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 5 ชิ้น เพื่อใช้ในสารทดลองดังนี้ คือกลุ่มที่ 1 น้ำกลั่นเป็นกลุ่มควบคุม ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.30 ± 0.07 กลุ่มที่ 2 สารละลายซิเตรตบัฟเฟอร์ (citrate buffer solution; BDH Laboratory Supplies, Poole, England) ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.0 ± 0.2 กลุ่มที่ 3 น้ำมะม่วง กลุ่มที่ 4 น้ำส้มประด และกลุ่มที่ 5 กรดอะซิติก (acetic acid) ความเข้มข้นร้อยละ 4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง 2.45 ± 0.1 โดยเจือจางจากกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 100 (Merck KgaA, Darmstadt, Germany) ชิ้นตัวอย่างกลุ่มที่ 1-4 แช่สารทดลอง ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ส่วนกลุ่มที่ 5 แช่ ณ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยดัดแปลงวิธีการจากการทดสอบการละลายของพอร์ชเลนตามมาตรฐาน ISO 6872 (1995) และเปลี่ยนสารทดลองทุกวัน แล้ววัดความแข็งผิวที่ชั่วโมงที่ 24 48 72 96 และ 168

การวัดความหยาบพื้นผิว

นำชิ้นตัวอย่างวัดความหยาบพื้นผิวด้วยเครื่องวัดความหยาบพื้นผิว (profilometer: Surfcoorder model SE-2300; Kosaka Laboratory Ltd., Tokyo, Japan) เพื่อเป็นข้อมูลก่อนการทดลอง โดยใช้เข็มเพชรซี่มี 5 ไมครอน ลากด้วยแรง 4 มิลลินิวตัน ความยาว 2.4 มิลลิเมตร ความเร็ว 0.5 มิลลิเมตร/นาที โดยวัด 5 ตำแหน่งต่อหนึ่งชิ้นทดสอบ จากนั้นสุ่มแบ่งชิ้นตัวอย่างของพอร์ชเลนแต่ละชนิดเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 5 ชิ้น เพื่อใช้ในสารทดลองเช่นเดียวกับการวัดความแข็งผิว แล้ววัดความหยาบพื้นผิวที่ชั่วโมงที่ 24 48 72 96 และ 168 เช่นเดียวกัน ค่าตัวแปรที่เลือกใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวคือ Ra Rz

R_{max} และ S_m โดย R_a คือค่าเฉลี่ยของระยะจากจุดสูงสุด (peak) และจุดต่ำสุด (valley) กับเส้นกลางใน ระยะที่วัด R_{max} คือ ระยะที่มากที่สุดจากจุดสูงสุดถึงจุดต่ำสุด R_z คือ ค่าเฉลี่ยของระยะจากจุดสูงสุดถึง จุดต่ำสุด 5 คู่ ทำโดยแบ่งระยะที่วัดทั้งหมดเป็น 5 ช่วง คำนวณค่าเฉลี่ยของระยะจากจุดสูงสุดถึงจุดต่ำสุด ของแต่ละช่วง แล้วนำค่าแต่ละช่วงมาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้ง และ S_m คือ ค่าเฉลี่ยของระยะห่างระหว่างจุดสูง สุดแต่ละจุดในระยะที่วัด

การตรวจสอบสภาพผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron micro- scope: SEM) และวิเคราะห์ธาตุในชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องสเปกโทรมิเตอร์ชนิดแจกแจงพลังงาน (Energy dis- persive X-ray spectrometer: EDX)

เตรียมชิ้นตัวอย่างพอร์ซเลนแต่ละชนิดอย่างสุ่มจำนวนกลุ่มละ 2 ชิ้น เพื่อตรวจสอบสภาพผิวพอร์ซเลน ก่อนทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (JSM model 5800LV; JEOL, Tokyo, Japan) กำลังขยาย 2000 เท่า โดยนำชิ้นตัวอย่างล้างน้ำกลั่นเป็นเวลา 5 นาที ซับแห้ง แล้วยึดชิ้นตัวอย่างบนแท่น อะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร สูง 10 มิลลิเมตร จากนั้นอบแห้งก่อนเคลือบด้วยทอง (SPI-module sputter; SPI Supplies, West Chester, Pa., USA) และวิเคราะห์ธาตุในชิ้นตัวอย่างด้วย เครื่องสเปกโทรมิเตอร์ชนิดแจกแจงพลังงาน (Oxford Instruments PLC, Bucks, UK) ด้วยโปรแกรม ISIS รุ่น 3.0 บันทึกค่าที่ได้เป็นสัดส่วนร้อยละธาตุโดยน้ำหนัก จากนั้นตรวจสอบสภาพผิวและวิเคราะห์ธาตุชิ้นตัว ย่างพอร์ซเลนภายหลังแช่สารทดสอบ ณ ชั่วโมงที่ 24 96 และ 168 อีกครั้ง

การตรวจการละลายของธาตุจากชิ้นตัวอย่าง

นำสารทดสอบทั้ง 5 ชนิดๆ ละ 30 มิลลิลิตร ตรวจหาปริมาณธาตุเพื่อเป็นข้อมูลก่อนการทดลอง ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุอินดักทีฟคูเปิลพลาสมา (Inductively coupled plasma - optical emission spectrometer: ICP-OES) (Optima model 4300 DV; PerkinElmer Life and Analytical Sciences Inc., Waltham, Mass., USA) โดยเปรียบเทียบกับค่าธาตุมาตรฐานจำนวน 15 ธาตุได้แก่ หมู่ IA คือลิเทียม (Li) โซเดียม (Na) และโพแทสเซียม (K) หมู่ IIA คือ แมกนีเซียม (Mg) แคลเซียม (Ca) และ แบเรียม (Ba) หมู่ IIIA คือ โบรอน (B) และอะลูมิเนียม (Al) หมู่ IVA คือซิลิกอน (Si) หมู่ VA คือฟอสฟอรัส (P) และธาตุทรานซิชันได้แก่ หมู่ IIB คือสังกะสี (Zn) หมู่ IIIB คืออิตเทรียม (Y) หมู่ IVB คือไทเทเนียม (Ti) หมู่ VIB คือโครเมียม (Cr) และหมู่ VIIB คือ แมงกานีส (Mn) จากนั้นนำสารทดสอบทั้ง 5 ชนิดที่ผ่าน การแช่ชิ้นตัวอย่าง ณ ชั่วโมงที่ 24 96 และ 168 มาตรวจหาปริมาณธาตุอีกครั้ง บันทึกค่าที่ได้ต่อหนึ่งหน่วย พื้นที่ชิ้นตัวอย่างหน่วยเป็น $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

ข. ขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยสถิติการทดสอบความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (two-way ANOVA with repeated measurement) เพื่อศึกษาปัจจัย 2 อย่างได้แก่ ชนิดของพอร์ชเลน และชนิดของสารทดสอบต่อค่าความหยาบผิว ความแข็งผิว และปริมาณธาตุในชั้นตัวอย่าง (ทั้งจากการตรวจด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุอินดักทีฟคูเปิลพลาสมา และเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ชนิดแจกแจงพลังงาน) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบทูกีย์ (Tukey's HSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha=0.05$)