

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

1. วัสดุเอ็มทีเอ ผลิตภัณฑ์ PROROOT[®] MTA (Tulsa Dental Products, Tulsa, OK, USA)
2. วัสดุพอร์ตแลนด์ซีเมนต์สีขาวที่ผลิตในประเทศไทย ที่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (มอก.)เลขที่ 133 (มอก.133-2518 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ขาว) ผลิตภัณฑ์ ช้างเผือก (The siam white cement Co., LTD)
3. วัสดุพอร์ตแลนด์ซีเมนต์สีขาวที่ผลิตในประเทศไทย ที่ได้รับการรับรองจากมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (มอก.) เลขที่ 133 (มอก.133-2518 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ขาว) ผลิตภัณฑ์ กิเลน (Universal white cement Co., LTD)
4. บิสม์ทออกไซด์ ผลิตภัณฑ์ Fluka
5. น้ำกลั่น (Distilled water)
6. ฟิล์มเอกซ์เรย์ ผลิตภัณฑ์ Kodak (Kodak Insight Dental Film, Film Speed F, LOT 410 7520, Kodak, Rochester, NY, USA)
7. สายเบ็ดตกปลา (Wire) ที่ไม่ละลายน้ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร และยาว 50 มิลลิเมตร
8. แผ่นไมลาร์ สตรีป (Mylar strip)
9. กระดาษกรองขนาด 1.27 เซนติเมตร ผลิตภัณฑ์ Whatman
10. กระดาษทวงสาร
11. กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ (Universalindikator) ผลิตภัณฑ์ MERCK (MERCK KGaA, 64271 Damstadt, Germany)

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องบดและผสมสาร (Grinding machine) ผลิตภัณฑ์ Retsch S1000 (ประเทศไทย จำกัด)

2. เครื่องเอกซเรย์อานาไลติคัลไมโครสโคป โพรบ (X-ray analytical microscope probe) กำลังขยาย 400 ไมโครเมตร (μm) ผลิตภัณฑ์ Horba รุ่น XGT - 5000 (XGT - 5000, Horba, Japan)
3. ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Humidity chamber) ที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์
4. เครื่องกำจัดความชื้น (Dessicator)
5. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) ผลิตภัณฑ์ JEOL รุ่น JSM 5410 LV SEM (JEOL Ltd., Japan)
6. แม่พิมพ์ทำจากสแตนเลสที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (Internal diameter) 10.0 มิลลิเมตร (± 0.1 มิลลิเมตร) และสูง 1 มิลลิเมตร (± 0.1 มิลลิเมตร)
7. กลาสสไลด์ (Glass slide)
8. อลูมิเนียมสเต็ปเวดจ์ (95% aluminium stepwedge 0.5-9)
9. เครื่องถ่ายภาพรังสี ผลิตภัณฑ์ GENDEX รุ่น GX 1000 (GX 1000, GENDEX corporation, ILLINOIS, USA)
10. เครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ ผลิตภัณฑ์ Dent X รุ่น 810 Plus (810 Plus, Dent X, Elmsford, NY)
11. เครื่องวัดความเข้มภาพรังสี (densitometer) (Darklight duo ref; Medset, Hamburg, Germany)
12. เครื่องวัดความเป็นกรด - เบส ผลิตภัณฑ์ Orion PerpHectLog R meter รุ่น Model 370 (pH meter with temperature compensate electrode; Orion PerpHectLog R meter; Model 370; Orion Research Inc.; Boston; MA)
13. เครื่องเคลือบทอง (Gold coater) ผลิตภัณฑ์ JEOL รุ่น JFC-1200 (JEOL Ltd., Japan)
14. เครื่องวัดระยะเวลาแข็งตัวที่มีหัวเข็มสำหรับวัดระยะเวลาแข็งตัวเริ่มต้น และระยะเวลาแข็งตัวเต็มที่
15. แม่พิมพ์ทำจากสแตนเลสที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 15.0 มิลลิเมตร และสูง 5.0 มิลลิเมตร
16. แท่นโลหะ (Metal block) กว้าง 8.0 มิลลิเมตร ยาว 20.0 มิลลิเมตร สูง 10.0 มิลลิเมตร
17. ชุดอุปกรณ์สำหรับเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษาความทนแรงอัด ประกอบด้วยแม่พิมพ์แบบวงแหวนทำจากสแตนเลสแยกส่วนได้ (Split stainless steel molds) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4.0 มิลลิเมตร สูง 6.0 มิลลิเมตร และที่จับรูปตัวซี (C-clamp)
18. เครื่องทดสอบความทนแรงอัด ผลิตภัณฑ์ Instron 8872 (Instron Ltd., High Wycombe , UK)

19. ชุดอุปกรณ์สำหรับเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษาการละลายตัว ประกอบด้วยแม่พิมพ์แบบวงแหวนทำจากสแตนเลสแยกส่วนได้ (Split stainless steel molds) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 20.0 (\pm 0.1 มิลลิเมตร) มิลลิเมตร สูง 1.5 มิลลิเมตร (\pm 0.1 มิลลิเมตร) แผ่นโลหะ (Retain plate) ที่จับแบบมีสปริงหลายอัน (Multiple spring clamp)
20. ขวดแก้วปากกว้าง (Wide mouth glass bottle)
21. เครื่องชั่งสารทศนิยม 5 ตำแหน่ง
22. นาฬิกาจับเวลาเป็นวินาที
23. พายโลหะผสมสาร (Metal spatula)
24. แผ่นแก้วหนา (Glass slab)
25. ช้อนตวงสาร
26. หลอดวัดและถ่ายของเหลวอัตโนมัติ (Auto pipette) ช่วงละเอียด 100 - 1,000 ไมโครลิตร (μ l) ผลิตภัณฑ์ Transferpette[®] (Harikul Calibration Center)
27. เครื่องแอร์เพอร์มีเอบิลิตี (Air Permeability) ผลิตภัณฑ์ RUM (Engineering & Science Associate)
28. เครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาค (Particle size analyzer; Laser beam method) ผลิตภัณฑ์ Coulter (LS100)

การเลือกวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

เลือกใช้ไวท์โปรรูทเอ็มทีเอของบริษัทเคนส์พลาย ประเทศไทย จำกัด และพอร์ตแลนด์ซีเมนต์สีขาวยที่ผลิตในประเทศไทย ที่ผ่านการรับรองจากมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เลขที่ 133 (มอก.133-2518 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ขาว) ได้แก่ พอร์ตแลนด์ซีเมนต์สีขาวตราช้างเผือก ของบริษัทสยามไวท์ซีเมนต์ จำกัด และพอร์ตแลนด์ซีเมนต์สีขาวตรากิเลน ของบริษัทยูนิเวอร์แซล จำกัด

การเตรียมพอร์ตแลนด์ซีเมนต์สีขาวยที่ผลิตในประเทศไทยกับบิสมัทออกไซด์

ผสมพอร์ตแลนด์ซีเมนต์สีขาวยที่ผลิตในประเทศไทยแต่ละบริษัทกับบิสมัทออกไซด์ ในอัตราส่วนพอร์ตแลนด์ซีเมนต์สีขาวยที่ผลิตในประเทศไทย ต่อบิสมัทออกไซด์ เป็น 4 : 1 โดยน้ำหนักด้วยเครื่องบดและผสมสารเพื่อให้ส่วนประกอบทั้งสองรวมเป็นเนื้อเดียวกัน (ผลจากการศึกษานำร่อง)

การเตรียมตัวอย่าง เพื่อใช้ในการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ

ผสมผงไวท์โปรรูทเอ็มทีเอกับน้ำกลั่นในอัตราส่วนตามบริษัทผู้ผลิตแนะนำ ผสมผงของพอร์ตแลนด์ซีเมนต์สีขาวที่ผลิตในประเทศไทย และพอร์ตแลนด์ซีเมนต์สีขาวที่ผลิตในประเทศไทย ที่ผสมกับบิสมัทออกไซด์กับน้ำกลั่น ในอัตราส่วนผง 1 กรัม ต่อน้ำกลั่น 0.3 มิลลิลิตร ด้วยพายโลหะผสมสารและแผ่นแก้วหนา ให้ได้ส่วนผสมที่เป็นเนื้อเดียวกัน

การศึกษาส่วนประกอบทางเคมี ขนาดอนุภาค และลักษณะสัณฐานวิทยา

1. การศึกษาส่วนประกอบทางเคมี

นำส่วนผสมของไวท์โปรรูทเอ็มทีเอ พอร์ตแลนด์ซีเมนต์สีขาวที่ผลิตในประเทศไทย และพอร์ตแลนด์ซีเมนต์สีขาวที่ผลิตในประเทศไทยผสมกับบิสมัทออกไซด์ ไปวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีด้วยเครื่องเอกซเรย์อนาไลติคัลไมโครสโคปโพรบ ด้วยกำลังขยาย 100 ไมโครเมตร (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงเครื่องเอกซเรย์อนาไลติคัลไมโครสโคปโพรบ กำลังขยาย 400 ไมโครเมตร

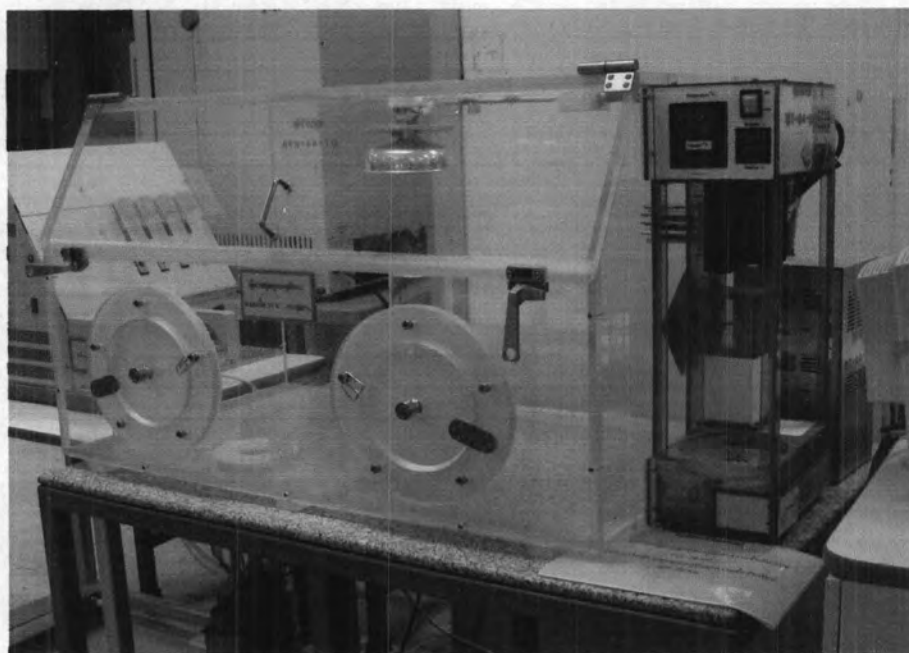
2. การศึกษาขนาดอนุภาค

นำซีเมนต์มาแขวนลอยในน้ำ ร่วมกับใช้สารที่มีคุณสมบัติช่วยในการแตกตัว เพื่อไม่ให้ซีเมนต์จับตัวเป็นก้อน หลังจากนั้นนำซีเมนต์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำไปวิเคราะห์หาขนาดของอนุภาค

ด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาค โดยเครื่องจะนำซีเมนต์ที่แขวนลอยในน้ำผ่านลำแสงที่อยู่ในเครื่อง แล้วจึงประมวลผลออกมาเป็นขนาดของอนุภาค

3. การศึกษาลักษณะพื้นฐานวิชาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด

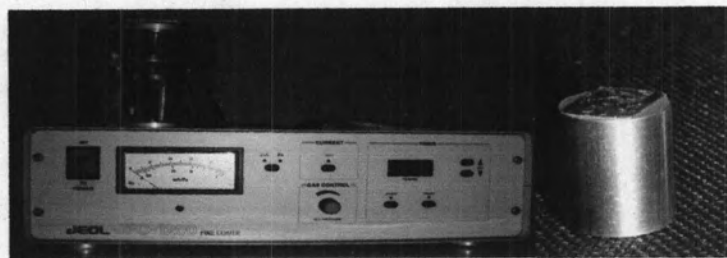
ศึกษาทั้งส่วนผงและซีเมนต์ที่แข็งตัวเต็มที่ โดยผสมส่วนผงกับน้ำกลั่นตามที่กล่าวมา และนำไปเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 2) แล้วนำส่วนผงและซีเมนต์ที่แข็งตัวเต็มที่แล้ว ไปเก็บไว้ในเครื่องกำจัดความชื้นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน (ภาพที่ 3) จากนั้นนำไปวางบนอลูมิเนียมสตั๊บ (aluminium stubs) และเคลือบทองด้วยเครื่องเคลือบทอง (ภาพที่ 4) แล้วจึงนำไปตรวจดูลักษณะพื้นฐานวิชาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด และบันทึกภาพด้วยระบบดิจิทัล (Semafor[®] 5.0 digital imaging system) (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 2 แสดงตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 3 แสดงเครื่องกำจัดความชื้น

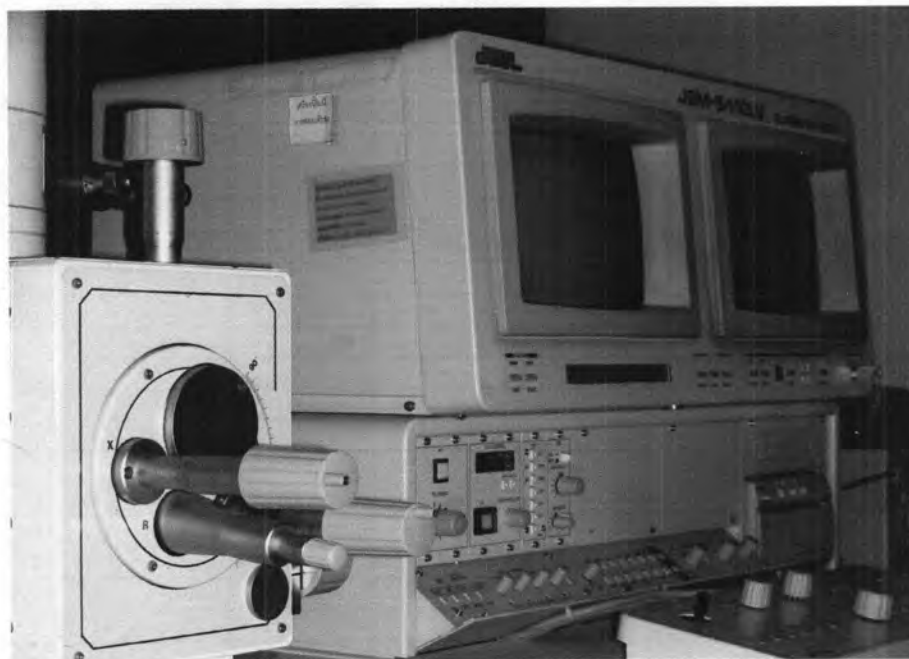


ก

ข

ภาพที่ 4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเคลือบทอง ประกอบด้วย

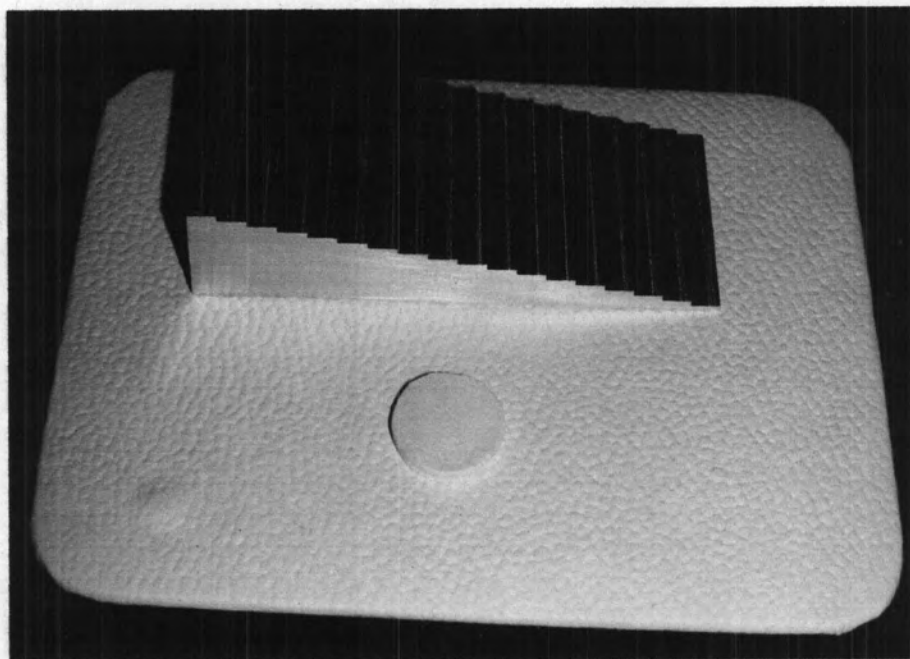
ก. เครื่องเคลือบทอง ข. อลูมิเนียมสตัป



ภาพที่ 5 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดส่องกราดพร้อมระบบดิจิทัล

การศึกษาความทึบรังสี

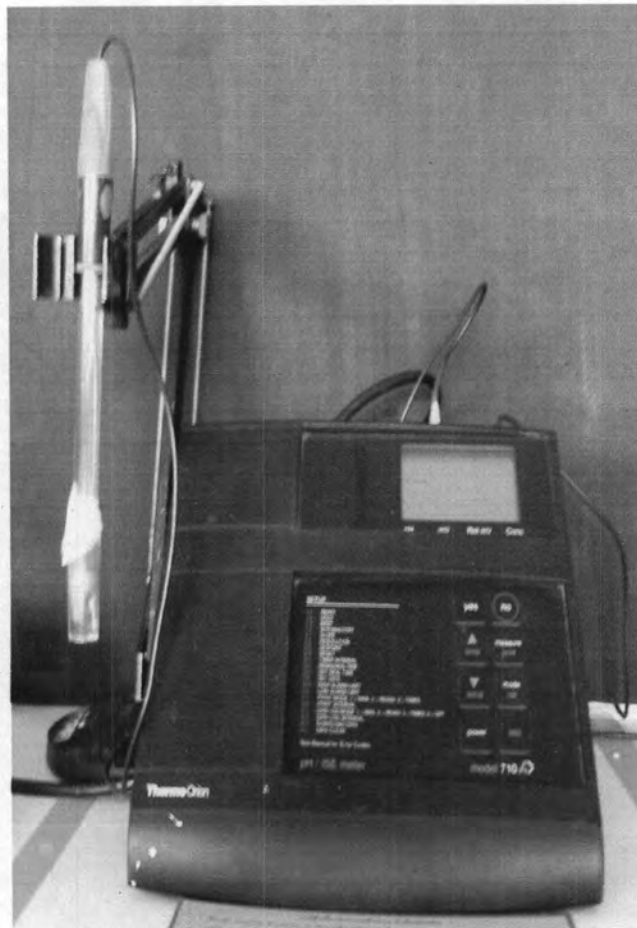
ประยุกต์ใช้ตามไอเอสโอ 6876(2001) (International Organization for Standardization. Specification for dental root canal sealing materials. ISO 6876, 2001) โดยผสมซีเมนต์กับน้ำกลั่น ตามสัดส่วนที่กำหนด ใส่ในแม่พิมพ์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10.0 มิลลิเมตร (± 0.1 มิลลิเมตร) และสูง 1 มิลลิเมตร (± 0.1 มิลลิเมตร) ปิดส่วนบนและส่วนล่างของแม่พิมพ์ด้วยกลาสสไลด์ เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทดสอบหาความทึบรังสีโดยวางซีเมนต์ที่ได้จากการเตรียมไว้บนแผ่นฟิล์มที่มีลูมิเนียมสเตปเวจจ์ที่มีลูมิเนียมเป็นองค์ประกอบอยู่ 95 เปอร์เซ็นต์ (0.5-9 มิลลิเมตร) (ภาพที่ 6) ถ่ายภาพรังสีด้วยเครื่องถ่ายภาพรังสี ตั้งค่าไว้ที่ 60 กิโลโวลต์ (kV) กระแสไฟฟ้า (acurrent) 10 มิลลิแอมแปร์ (mA) และระยะเวลาในการสัมผัสรังสี (exposure times) 0.12 วินาที กำหนดระยะทางที่กระบอกรังสีห่างจากแผ่นฟิล์ม 21 เซนติเมตร ล้างแผ่นฟิล์มด้วยเครื่องล้างฟิล์มอัตโนมัติ นำไปคำนวณหาค่าความทึบรังสีด้วยเครื่องวัดความเข้มภาพรังสี ทดสอบ โดยทำการศึกษาซ้ำตัวอย่างละ 10 ครั้งสำหรับพอร์ตแลนด์ซีเมนต์สีขาวที่ผลิตในประเทศไทยทั้ง 2 บริษัทผสมกับบิสฟีนอลเอ และทำการศึกษาซ้ำ 6 ครั้งสำหรับไวท์โปรรูทเอ็มทีเอ และวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 6 แสดงการวางตัวอย่างไว้บนแผ่นฟิล์มที่มีลูมิเนสเซนส์เฉพาะอยู่ (0.5-9 มิลลิเมตร)

การศึกษาค่าความเป็นกรด - เบส

ผสมซีเมนต์กับน้ำกลั่นตามอัตราส่วนตามที่กำหนดไว้ วัดค่าความเป็นกรด - เบสด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด - เบส (ภาพที่ 7) บันทึกค่าทุกๆ 1 นาทีเป็นเวลา 1 ชั่วโมงหลังจากผสม และขึ้นชั้นผลการวัดค่าความเป็นกรด - เบส ด้วยกระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ กำหนดศึกษาซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง และนำค่าเฉลี่ยไปบันทึกกราฟ

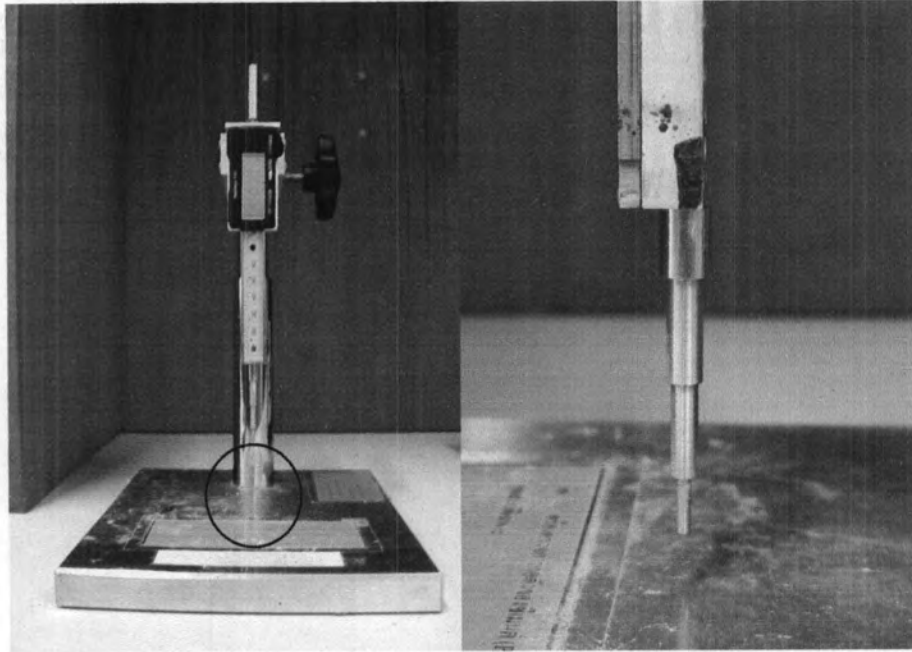


ภาพที่ 7 แสดงเครื่องวัดความเป็น กรด - ด่าง

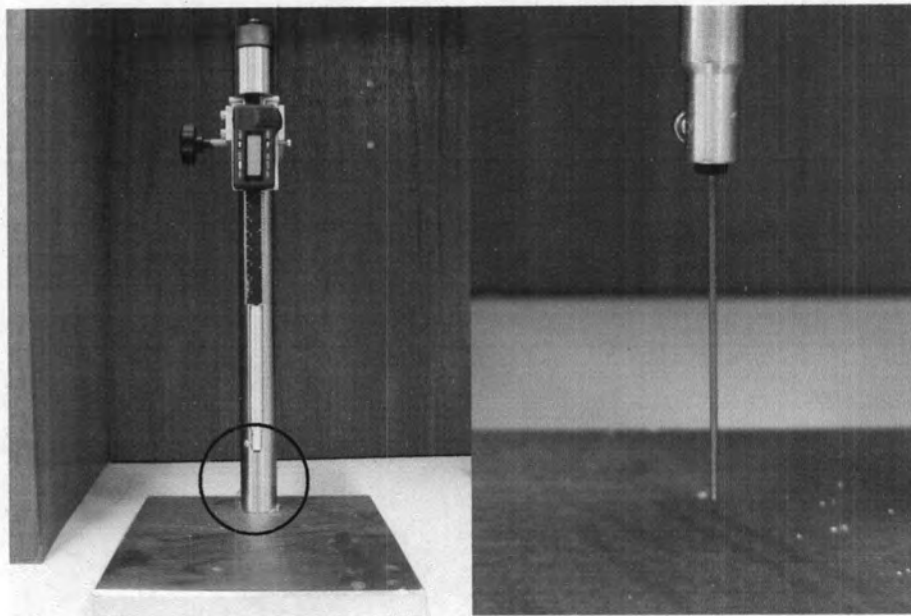
การศึกษาเวลาแข็งตัว

ประยุกต์ตามมาตรฐาน ไอเอสไอ 6876 (2001) ซึ่งแนะนำการวัดเวลาแข็งตัวของวัสดุตามสมาคมวิจัยวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials. Standard test method for time and setting of hydraulic-cement paste by Gillmor needles. ASTM C266-03) ซึ่งจะวัดระยะเวลาแข็งตัว 2 ช่วงคือ เวลาที่วัสดุเริ่มแข็งตัว (initial setting times) และเวลาที่วัสดุแข็งตัวเต็มที่ (final setting times) ซึ่งกำหนดหัวเข็มสำหรับการวัดเวลาที่วัสดุเริ่มแข็งตัว มีน้ำหนัก 113.4 ± 0.5 กรัม และมีหัวเข็มเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.12 ± 0.05 มิลลิเมตร (ภาพที่ 8) ส่วนหัวเข็มสำหรับวัดเวลาที่วัสดุแข็งตัวเต็มที่ มีน้ำหนัก 453.6 ± 0.5 กรัม และมีหัวเข็มเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.06 ± 0.05 มิลลิเมตร (ภาพที่ 9) โดยเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ไว้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 23 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นผสมซีเมนต์กับน้ำกลั่นตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ให้เป็นเนื้อเดียวกันภายใน 2 นาที นำซีเมนต์ที่ได้รับการผสมแล้วใส่ลงในแม่พิมพ์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 15 มิลลิเมตร สูง 5 มิลลิเมตรที่วางไว้บนแท่นโลหะ จากนั้นวัดระยะเวลาแข็งตัวทั้ง 2 ช่วงภายใต้คูควบคุมอุณหภูมิและ

ความชื้นที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยในแต่ละเวลาจะทำการวัดทุกๆ 30 วินาที ถึง 1 นาที โดยปล่อยหัวเข็มลงไปในแนวตั้งด้วยอัตราเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งหัวเข็มไม่สามารถผ่านไปได้อีก และไม่ทำให้เกิดรอยกลมของหน้าตัดบนผิวของตัวอย่าง ขณะที่ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ ทดสอบโดยทำซ้ำตัวอย่างละ 10 ครั้ง จากนั้นวิเคราะห์ผลทางสถิติ ด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 8 แสดงหัวเข็มสำหรับการวัดระยะเวลาแข็งตัวเริ่มต้น



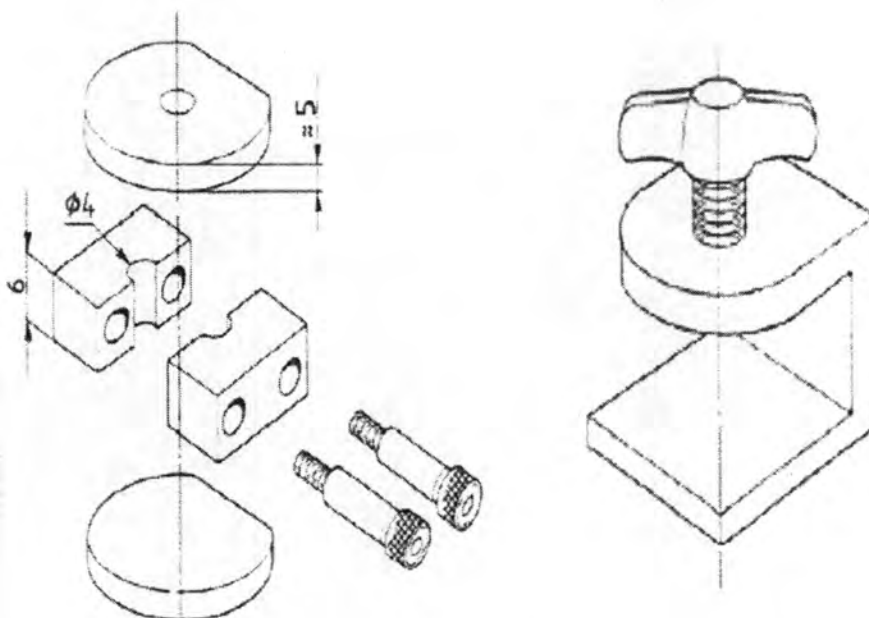
ภาพที่ 9 แสดงหัวเข็มสำหรับวัดระยะเวลาแข็งตัวเต็มที่

การศึกษาความทนแรงอัด

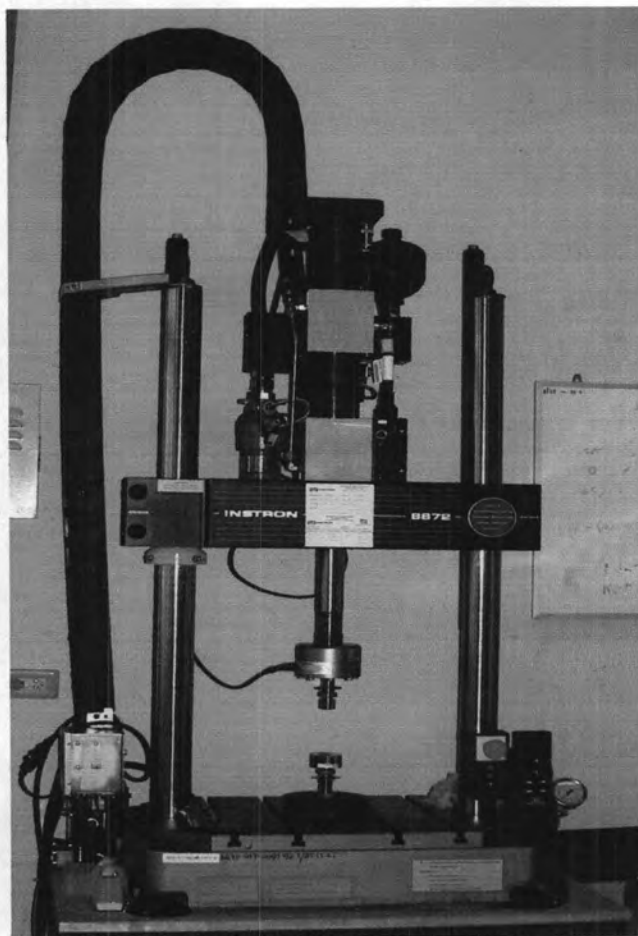
ประยุกต์ใช้ตามมาตรฐานไอเอสโอ 9917-1 : 2003 (International Organization for Standardization. Dentistry - Water - based cements-p.1 : Powder/liquid acid-base cements. ISO 9917-1, 2003) โดยเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ไว้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิ 23 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นผสมซีเมนต์กับน้ำกลั่นตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ให้เป็นเนื้อเดียวกัน ใส่ลงในแม่พิมพ์แบบวงแหวนที่ทำจากสแตนเลสแยกส่วนได้ เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4 มิลลิเมตร สูง 6 มิลลิเมตร (ภาพที่ 10) เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ จนถึงระยะเวลาแข็งตัวเต็มที่ เอาตัวอย่างออกจากแม่พิมพ์ ตรวจสอบจุดบกพร่อง และเลือกเอาตัวอย่างที่ไม่มีตำหนิ นำไปแช่ในน้ำ ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน และ 21 วัน เมื่อครบระยะเวลาตามที่กำหนด นำตัวอย่างออกมาทดสอบความทนแรงอัด ด้วยเครื่องอินตรอน 8872 (ภาพที่ 11) นำค่าที่ได้ไปคำนวณตามสูตร

$$C = 4P/\pi D^2$$

กำหนด P เป็นแรงที่มากที่สุดที่ทำให้วัสดุเกิดการแตกหักหน่วยเป็นนิวตัน และ C เป็นค่าความทนแรงอัด ทดสอบโดยทำซ้ำตัวอย่างละ 10 ครั้ง วิเคราะห์ผลทางสถิติ ด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 10 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้เตรียมตัวอย่างสำหรับการศึกษาความทนแรงอัด

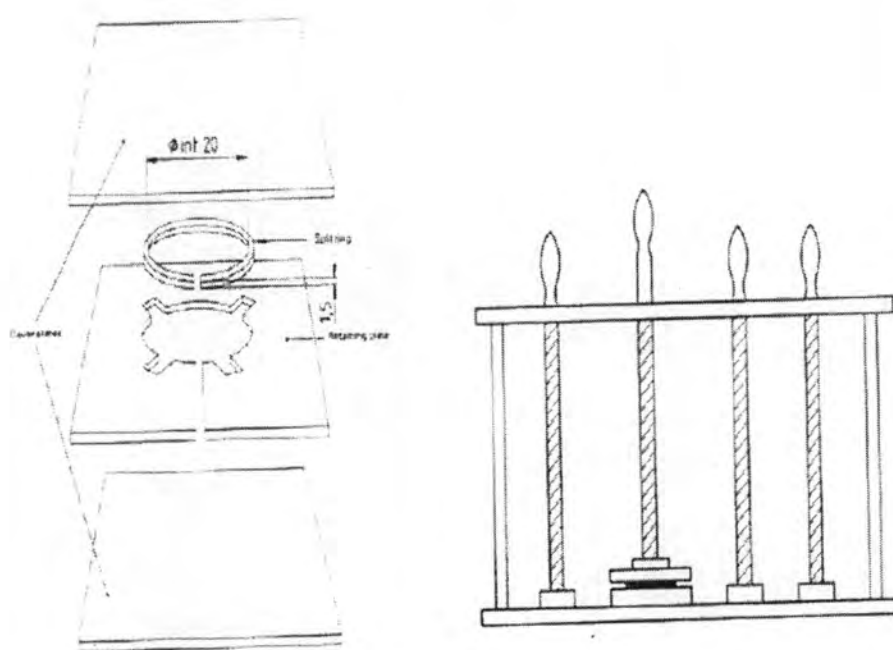


ภาพที่ 11 แสดงเครื่องอินตรอน 8872

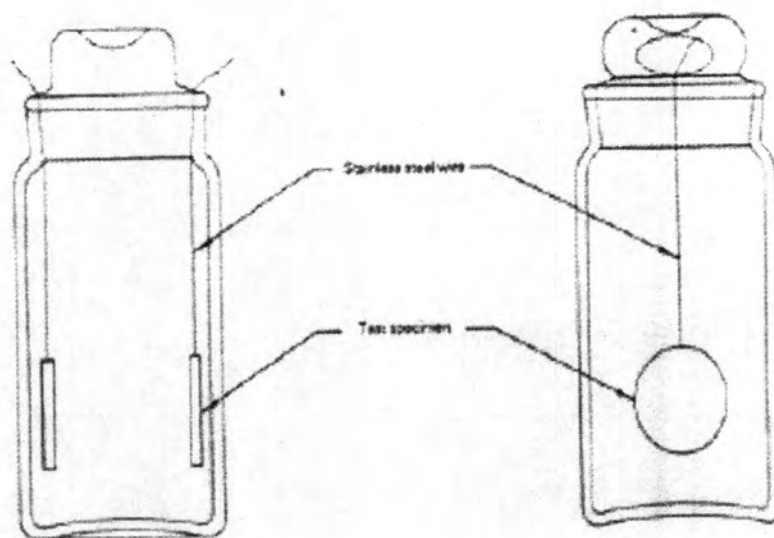
การศึกษาสภาพละลายได้

ประยุกต์ใช้ตามมาตรฐานเอดีเอ หมายเลข 30 (ANSI/ADA.Revised American National Standard/American Dental Association Specification No.30 for dental zinc oxide eugenol cements and zinc oxide noneugenol cement 7.5, 1991) โดยเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ไว้ในสภาวะที่มี อุณหภูมิ 23 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นประกอบอุปกรณ์สำหรับการเตรียม ตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษาความสามารถในการละลายโดยนำแผ่นไมลาร์สตริปวางบนแผ่นโลหะ แล้วจึงนำแม่พิมพ์แบบวงแหวนที่ทำจากสแตนเลสแยกส่วนได้ มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 20 มิลลิเมตร (± 0.1 มิลลิเมตร) และสูง 1.5 มิลลิเมตรวางบนแผ่นไมลาร์สตริป (ภาพที่ 12) จากนั้น ผสมซีเมนต์กับน้ำกลั่นตามอัตราส่วนที่กำหนดให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำซีเมนต์ที่ได้รับการผสมแล้ว พร้อมสายเบ็ดคดปลาที่ไม่ละลายน้ำ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร และยาว 50 มิลลิเมตร) ใต้งลงในแม่พิมพ์ แล้วจึงปิดทับด้วยแผ่นไมลาร์สตริปก่อนปิดทับอีกครั้งด้วยแผ่นโลหะ นำไปขึ้นใน

ตัวหนีบยึด (clamp) (ภาพที่ 12) และเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเอาซีเมนต์ออกจากที่จับและแม่พิมพ์ ตรวจสอบความเรียบร้อย วัดน้ำหนักเริ่มต้น แล้วจึงนำไปใส่ในขวดปากกว้างที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ 50 มิลลิลิตร (ภาพที่ 13) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 วัน 7 วัน และ 21 วัน เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด จึงนำซีเมนต์ออกจากขวดปากกว้างไปเก็บไว้ในเครื่องกำจัดความชื้นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งสารความละเอียดทศนิยม 5 ตำแหน่ง ก่อนนำกลับใส่ขวดปากกว้างอีกครั้ง ทดสอบโดยทำซ้ำตัวอย่างละ 7 ครั้ง นำน้ำหนักที่ได้ในแต่ละช่วงเวลาของซีเมนต์แต่ละชนิด มาคำนวณหาความสามารถในการละลาย นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 12 แสดงชุดอุปกรณ์สำหรับเตรียมตัวอย่างในการศึกษาการละลายตัว



ภาพที่ 13 แสดงขวดแก้วปากกว้างสำหรับการศึกษาการละลายตัวที่มีตัวอย่างการศึกษาแขวนลอยอยู่

การวิเคราะห์ข้อมูล

(รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงไว้ในภาคผนวก)

การวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้โปรแกรม SPSS 13 วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

การทดสอบที (t - test) ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มสำหรับการศึกษาความที่บริสุทธิ์

สถิติความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOVA; one way analysis of variance) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มสำหรับการศึกษาระยะเวลาแข็งตัว

สถิติความแปรปรวนแบบสองทาง (Two way ANOVA; two way analysis of variance) ในการวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย และความทนแรงอัด เพื่อดูผลของ เวลา และวัสดุ หากไม่มีผลจึงเลือกใช้สถิติความแปรปรวนแบบทางเดียว วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มต่อไป