

การพัฒนาเคลือบเซรามิกส์ที่มีเฟอร์ริกออกไซด์ ไทเทเนียมไดออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารเพิ่มเติม

THE DEVELOPMENT OF GLAZE CONTAINING FERRIC OXIDE, TITANIUM DIOXIDE AND BARIUM CARBONATE AS ADDITIVES

จุมพฏ พงศ์ศักดิ์ศรี

Jumpot Phongsaksri

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok, Thailand, 65000

Corresponding author e-mail: jumpot_ph@psru.ac.th

วันที่เข้ารับ 27 พฤศจิกายน 2565

วันที่แก้ไขบทความ 21 กุมภาพันธ์ 2566

วันที่ตอบรับบทความ 22 กุมภาพันธ์ 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเกิดสีของเคลือบ ทดสอบความสว่างและค่าสีของเคลือบเซรามิกส์ และเพื่อศึกษาลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบเซรามิกส์ ดำเนินการวิจัยโดยกำหนดเคลือบพื้นฐานที่มีไทเทเนียมไดออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารเพิ่มเติมแบบเจาะจงจากตารางคำนวณวัตถุดิบ 2 ชนิด จำนวน 7 สูตร และใช้เฟอร์ริกออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 10 ร้อยละ 15 และ ร้อยละ 20 ทุกส่วนผสม เเผเคลือบที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน ผลการวิจัยพบว่า การเกิดสีของเคลือบ มี 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มสีน้ำตาลมีจุดผลึก กลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีน้ำตาลเข้ม และกลุ่มสีน้ำตาลเข้มมีผลึกขนาดเล็ก ความสว่างและค่าสีของเคลือบ มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +2.19 ถึง +30.56 มีค่าสี a^* อยู่ระหว่าง -0.25 ถึง +7.30 ค่าสี b^* อยู่ระหว่าง +4.76 ถึง +18.79 3. ลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบเซรามิกส์ มีความมันแวววาวทุกสูตรส่วนผสม โดยมีจุดผลึก จำนวน 6 สูตร และเกิดผลึกขนาดเล็ก จำนวน 5 สูตร มีค่าระดับความมันของผิวเคลือบเฉลี่ยอยู่ที่ 47 GU และผิวเคลือบมีความสมบูรณ์ทุกสูตรส่วนผสม เคลือบเซรามิกส์ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย หินฟันม้า ร้อยละ 45 โดโลไมท์ ร้อยละ 10 แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 13 ดินขาว ร้อยละ 7 และ หินเขี้ยวหนูมาน ร้อยละ 25 โดยใช้สารเพิ่มเติม ได้แก่ ไทเทเนียมไดออกไซด์ ร้อยละ 1 ถึง ร้อยละ 10 แบเรียมคาร์บอเนต ร้อยละ 1 ถึง ร้อยละ 10 และเฟอร์ริกออกไซด์ ร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 20

คำสำคัญ: เคลือบ, เซรามิกส์, สารเพิ่มเติม, เคลือบผลึก

Abstract

This research aimed to explore the effects of color and brightness in ceramic glaze and examine the physical qualifications of the best pottery glaze by adding titanium dioxide, and barium carbonate. The two raw materials were purposively chosen from Triaxial diagram. The suitable number of experiments was 7 mixtures, and each mixture included 10%, 15%, and 20% of ferric oxide. The characteristics of physical qualifications were studied after burning at 1230 degrees Celsius under an oxidation atmosphere. The results of this research showed that the glaze consisted of four-color tones which were brown with spots, brown, dark brown, and dark brown with small aventurine glaze. The values of the color glazing were at L^* shade with the average at +2.19 to +30.56, a^* shade with the average at -0.25 to +7.30, and at b^* shade with the average at +4.76 to +18.79. The physical qualifications of the glaze showed complete and glossy characteristics in every mixture. There were spots in 6 mixtures, and aventurine in 5 mixtures. The specular gloss meter was at 47 GU, and the physical qualifications of the glaze showed complete and glossy characteristic in every mixture. The developed glaze consisted of 45% of potash feldspar, 10% of dolomite, 13% of calcium carbonate, 7% of kaolin, and 25% of quartz. The additives used in the glaze were 1-10% of titanium dioxide, 1-10% of barium carbonate, and 10-20% of ferric oxide.

Keywords: Glaze, Ceramics, Additives, Crystal glaze

1. บทนำ

น้ำเคลือบ เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิโนซิลิเกต (Alumino silicate) ที่มีลักษณะหลอมตัวจนกลายเป็นแก้วเกาะติดอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์ (สมศักดิ์, 2549) ซึ่งการเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์จะทำให้ภาชนะมีความแข็งแรง ทนทาน มีความสวยงามน่าใช้สะดวกในการล้างทำความสะอาด สามารถป้องกันไม่ให้ของเหลวและแก๊สไหลผ่านได้ สามารถปิดบังผิวดินได้ดี (สุขุมาล, 2548) ซึ่งการที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีความสวยงามยิ่งขึ้นนักเซรามิกส์มักใช้ออกไซด์ (Oxide) ผสมในเคลือบ ซึ่งถือเป็นวัตถุดิบที่สำคัญที่จะช่วยให้เคลือบเซรามิกส์มีสีสวยงาม มีความหลากหลายน่าสนใจ และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภค ซึ่งเทคนิคการสร้างเคลือบเซรามิกส์ให้มีสีในปัจจุบันนี้นักเซรามิกส์ยังนิยมใช้เคลือบสีพื้นฐานซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการพัฒนาสีของเคลือบที่มีความสะดวกมากวิธีหนึ่งแล้วใช้ออกไซด์ให้สีเป็นสารเพิ่มเติม ซึ่งออกไซด์บางชนิดอาจให้สีได้หลายสี เมื่อเผาในอุณหภูมิและบรรยากาศการเผาที่แตกต่างกัน รวมถึงการผสมกับ

ออกไซด์ของโลหะชนิดอื่นๆก็สามารถให้สีที่แตกต่างกันได้ การใช้เฟอร์ริกออกไซด์ (Ferric oxide) ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในการนำมาใช้ผสมในสูตรเคลือบ แต่หากมีการใส่เฟอร์ริกออกไซด์ ในปริมาณที่สูงมาก ตั้งแต่ร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 20 จะเกิดผลึกเล็กๆ คล้ายกากเพชรในชั้นของเคลือบหรือเรียกว่า เคลือบอะเวนจูริน (Aventurine glaze) ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเผาเคลือบในอุณหภูมิที่สูงมากในช่วง 1250-1280 องศาเซลเซียส (ไพจิตร, 2547) ส่วนไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide) มีสมบัติเป็นสารที่ให้สีทึบแสงซึ่งเมื่อนำมาใช้ร่วมกับออกไซด์ให้สีชนิดอื่นจะช่วยให้เคลือบแตกตัวเป็นจุด จึงนิยมใช้ในเคลือบจุดหรือเคลือบเกิดผลึกซึ่งไทเทเนียมไดออกไซด์มักจะทำให้เคลือบมีสีที่แปลกแตกต่างและมีความน่าสนใจยิ่งขึ้น (ไพจิตร, 2546) และเนื่องจากการสร้างเคลือบที่ใช้ปริมาณของเฟอร์ริกออกไซด์ที่สูงถึงร้อยละ 10-20 จะส่งผลให้อุณหภูมิการเผาของเคลือบสูงมากขึ้น มีระยะเวลาการเผาที่มากขึ้น และมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการใช้ตัวช่วยหลอมละลายจึงมีความจำเป็นที่ต้องมาเป็นส่วนผสมเพิ่มเติมในสูตรเคลือบ ซึ่งแบเรียมคาร์บอเนต (Barium carbonate) ถือเป็นออกไซด์ที่มีหน้าที่เป็น ฟลักซ์ (Flux) ที่ช่วยให้เคลือบหลอมละลายได้ดี เป็นตัวลดจุดหลอมตัวของเคลือบ (ปรีดา, 2547) เป็นวัตถุดิบที่ใช้เป็นตัวเร่งการหลอมละลาย ร้อยละ 5 ถึง ร้อยละ 8 ที่อุณหภูมิปานกลางถึงอุณหภูมิสูง ระหว่าง 1180-1250 องศาเซลเซียส (ไพจิตร, 2547)

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะการพัฒนาเคลือบเซรามิกส์จากเฟอร์ริกออกไซด์ ไทเทเนียมไดออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารเพิ่มเติม ซึ่งผลที่ได้จากทดลองวิจัยสามารถนำสูตรเคลือบที่พัฒนาขึ้นไปเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ (Stoneware) และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาสูตรเคลือบสู่วิสาหกิจชุมชน สถานประกอบการอุตสาหกรรมด้านเซรามิกส์ได้ต่อไป

2.วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาการเกิดสีของเคลือบ ทดสอบค่าสีและความสว่างของเคลือบเซรามิกส์
- 2.2 เพื่อศึกษาลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบเซรามิกส์

3.วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาเคลือบเซรามิกส์จากเฟอร์ริกออกไซด์ ไทเทเนียมไดออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารเพิ่มเติม ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย ไว้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาการเกิดสีของเคลือบ ทดสอบค่าสีและความสว่างของเคลือบเซรามิกส์ มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. กำหนดสูตรเคลือบเซรามิกส์พื้นฐานที่ใช้ในการผสม โดยผู้วิจัยเป็นผู้คิดค้นสูตรเคลือบ ขึ้น มีส่วนผสมดังนี้ หินฟันม้า ร้อยละ 45 โดโลไมท์ ร้อยละ 10 แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 13 ดินขาว ร้อยละ 7 และ หินเขี้ยวหนูมาน ร้อยละ 25

2. กำหนดอัตราส่วนผสมของไทเทเนียมไดออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารเพิ่มเติมเป็นสารเพิ่มเติมในเคลือบ รวมร้อยละ 10 โดยใช้การกำหนดส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองแบบเจาะจง (Porposive sampling) จากการใช้ตารางคำนวณวัตถุดิบ 2 ชนิด (Biaxial blend) (สมศักดิ์ ขวาลาววัลย์, 2549) จำนวน 7 ส่วนผสม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของไทเทเนียมไดออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนต

ส่วนผสมที่	1	2	3	4	5	6	7
แบเรียมคาร์บอเนต	0	1	3	5	7	9	10
ไทเทเนียมไดออกไซด์	10	9	7	5	3	1	0
รวม	10	10	10	10	10	10	10

3. กำหนดอัตราส่วนของเฟอร์ริกออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติมในเคลือบเซรามิกส์ จำนวน 3 ช่วงได้แก่ ร้อยละ 10 ร้อยละ 15 ร้อยละ 20

4. ชั่งส่วนผสมทั้งหมดด้วยเครื่องชั่งระบบดิจิตอลบริษัท Mettler Toledo (0.001g) รุ่น PG203-S และบดผสมด้วยเครื่องบดผสมความเร็วสูง (Hi-speed) ขนาดเล็ก สูตรละ 5 นาที

5. ขึ้นรูปแผ่นทดลอง (Test pieces) ด้วยดินสโตนแวร์สำเร็จรูปของบริษัท พอทเทอรี เคลย์จำกัด (Pottery Clay) แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส

6. ชุบเคลือบแผ่นทดลองโดยใช้เวลาในการชุบเคลือบบนแผ่นทดลอง 3 วินาที

7. เผาแผ่นทดลองที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชัน (Oxidation firing) ด้วยเตาเผาชนิดไฟฟ้าบริษัท Carbolite Gero Ltd. รุ่น CWF1300 เผายืนไฟ เป็นเวลา 15 นาที วัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไพโรเมตริกเทอร์โมคัพเปิล (Pyrometric thermocouple) และนำแผ่นทดลองออกจากเตาเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส

8. วิเคราะห์การเกิดสีของเคลือบ ดังนี้ 1) สังเกตสีเคลือบจากแผ่นทดลอง 2) สีสเคลือบที่สแกน(Scan) ด้วยเครื่อง Colorimeter Linshang รุ่น LS171 ได้แก่ รูปแบบรหัสสี (Color format) RGB CMYK และ 3) และ รูปแบบรหัสสีตามเฉดสีของ RAL-LS color chart (RAL color standard)

9. วิเคราะห์ความสว่างและค่าสีของเคลือบด้วยเครื่อง Chroma meter รุ่น CR-400 บริษัท Konica Minolta ในระบบสเกลสี (Color Scale) L^* , a^* และ b^* ของ Hunter lab scale ซึ่งเป็นระบบการวิเคราะห์สีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน L^* จะบรรยายถึงความสว่าง (Lightness) จากค่า $+L^*$

แสดงถึงสีขาว จนถึง $-L^*$ แสดงถึงสีดำ แกน a^* จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว ($-a^*$) ไปจนถึงแดง ($+a^*$) ส่วนแกน b^* จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน ($-b^*$) ไปเหลือง ($+b^*$)

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบเซรามิกส์ มีขั้นตอนดังนี้

1. นำแผ่นทดลองที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาศึกษาลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบ

2. วิเคราะห์ลักษณะของผิวเคลือบ โดยกำหนดลักษณะเคลือบเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

1) ผิวเคลือบมีลักษณะมันแวววาว (Bright) 2) ผิวเคลือบมีลักษณะกึ่งมันกึ่งด้าน (Semi mat) 3) ผิวเคลือบมีลักษณะด้าน (Mat) 4) ผิวเคลือบมีลักษณะไม่สุกตัว (Un fused) และทำวิเคราะห์ค่าระดับความมันของผิวเคลือบด้วยเครื่องวัดความเงา (Gloss meter) รุ่น YG60S/3NH มีหน่วยวัดเป็น Gloss unit (GU)

3. วิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผิวเคลือบ โดยที่ผิวเคลือบที่สมบูรณ์ต้องไม่มีตำหนิ 7 ลักษณะ ได้แก่ 1) รูเข็ม (Pinhole) หมายถึง รูเล็กๆ ที่เกิดบนผิวเคลือบ 2) การราราน (Crazing) หมายถึง ลักษณะเป็นเส้นตาข่ายเรียกว่าเคลือบแตกลายงา 3) การแตกร่อนบริเวณริมขอบ (Shivering) หมายถึง เคลือบที่ไม่ติดตามริมขอบผลิตภัณฑ์ 4) การร่อนออกจากเนื้อดินปั้น (Peeling) หมายถึง เคลือบที่ร่อนออกมาเป็นแผ่นๆ จากผลิตภัณฑ์ 5) การแยกตัวออกจากกันของเคลือบ (Crawling) หมายถึง เคลือบที่แยกออกจากกันทำให้เคลือบว่าง ไม่มีเคลือบต่อ 6) เคลือบไหลตัวมาก (Running of glaze) หมายถึง เคลือบที่ไหลตัวออกจากผลิตภัณฑ์ไปกองอยู่รอบๆ บนแผ่นรวมผลิตภัณฑ์ในเตา และ 7) เคลือบด้านไม่ตรงกับความเป็นจริง (Loss of glaze) เคลือบที่เกิดการสูญเสียของส่วนผสมของเคลือบ ซึ่งอาจเกิดจากการเผาอุณหภูมิเกิน ทำให้สารบางอย่างที่ระเหยได้ง่ายระเหยไปหมด

4. ผลการวิจัย

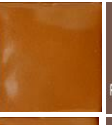
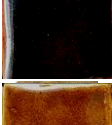
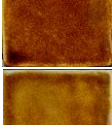
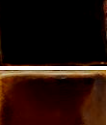
การพัฒนาเคลือบเซรามิกส์จากเฟอร์ริกออกไซด์ ไทเทเนียมไดออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารเพิ่มเติม ในครั้งนี้ ภายหลังการดำเนินการทดลองมีผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการศึกษาการเกิดสีของเคลือบ ทดสอบความสว่างและค่าสีของเคลือบเซรามิกส์ ซึ่งมีรายละเอียดผลการศึกษาวิจัย แยกเป็น 2 ข้อ ดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์การเกิดสีของเคลือบเซรามิกส์ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส มีผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 2 และ ภาพที่ 1 พบว่า 1.การเกิดสีของเคลือบเซรามิกส์ แบ่งได้ออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ 1) กลุ่มสีน้ำตาลมีจุดผลึก (Brown spot tone) โดยเป็นสูตรที่มีเฟอร์ริกออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 10 ได้แก่ สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และ เฟอร์ริกออกไซด์ ร้อยละ 15 ได้แก่ สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 2) กลุ่มสีน้ำตาล (Brown tone) โดยเป็นสูตรที่มีเฟอร์ริกออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 10 ได้แก่ สูตรที่ 6 สูตรที่ 7 เฟอร์ริกออกไซด์ ร้อยละ 15 ได้แก่ สูตรที่ 3 สูตรที่ 4 เฟอร์

ริกออกไซด์ ร้อยละ 20 ได้แก่ สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 สูตรที่ 4 3) กลุ่มสีน้ำตาลเข้ม (Dark brown tone) โดยเป็นสูตรที่มีเฟอร์ริกออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 10 ได้แก่ สูตรที่ 5 เฟอร์ริกออกไซด์ ร้อยละ 15 ได้แก่ สูตรที่ 7 และ 2. ค่า RGB อยู่ระหว่าง 70-142, 70-124, 64-113 และ 3. ค่าสีในระบบ RAL-LS color chart อยู่ระหว่าง RAL-LS 7002 - RAL-LS 9011 4) กลุ่มสีน้ำตาลเข้มมีผลึกขนาดเล็ก (Dark brown and aventurine tone) โดยเป็นสูตรที่มีเฟอร์ริกออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 15 ได้แก่ สูตรที่ 5 สูตรที่ 6 เฟอร์ริกออกไซด์ ร้อยละ 20 ได้แก่ สูตรที่ 5 สูตรที่ 6 สูตรที่ 7

ตารางที่ 2 การเกิดสีของเคลือบเซรามิกส์

สูตร	เฟอร์ริกออกไซด์ ร้อยละ 10			เฟอร์ริกออกไซด์ ร้อยละ 15			เฟอร์ริกออกไซด์ ร้อยละ 20		
	แผ่น	RGB	RAL	แผ่น	RGB	RAL	แผ่น	RGB	RAL
	ทดลอง		Chart	ทดลอง		Chart	ทดลอง		Chart
1		RGB: 142, 124, 110	RAL-LS 7006		RGB: 116, 96, 91	RAL-LS 8025		RGB: 117, 90, 79	RAL-LS 8007
2		RGB: 135, 122, 110	RAL-LS 7002		RGB: 114, 91, 86	RAL-LS 8011		RGB: 116, 86, 74	RAL-LS 8007
3		RGB: 133, 123, 113	RAL-LS 7003		RGB: 109, 88, 82	RAL-LS 8011		RGB: 114, 84, 74	RAL-LS 8002
4		RGB: 97, 95, 96	RAL-LS 7015		RGB: 104, 84, 78	RAL-LS 8011		RGB: 102, 81, 73	RAL-LS 8016
5		RGB: 70, 70, 71	RAL-LS 9011		RGB: 71, 72, 73	RAL-LS 7021		RGB: 72, 72, 73	RAL-LS 9004
6		RGB: 94, 73, 64	RAL-LS 8016		RGB: 70, 69, 71	RAL-LS 7021		RGB: 73, 74, 74	RAL-LS 7016
7		RGB: 119, 91, 66	RAL-LS 8008		RGB: 85, 75, 72	RAL-LS 8017		RGB: 79, 77, 76	RAL-LS 8019



ภาพที่ 1 เคลือบเซรามิกสบนผลิตภัณฑ์

1.2 ผลการทดสอบความสว่างและค่าสีของเคลือบเซรามิกสภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส มีผลการทดสอบดังตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าความสว่าง (L^*) ค่าสี (a^*) และ ค่า (b^*) โดยแบ่งกลุ่มตามการเกิดสี พบว่า 1. กลุ่มสีน้ำตาลมีจุดผลึก มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +17.57 ถึง +30.56 มีค่าสี a^* อยู่ระหว่าง -0.64 ถึง +4.13 ค่าสี b^* อยู่ระหว่าง +6.01 ถึง +16.91 2. กลุ่มสีน้ำตาล มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +12.35 ถึง +18.31 มีค่าสี a^* อยู่ระหว่าง +4.31 ถึง +7.30 ค่าสี b^* อยู่ระหว่าง +13.99 ถึง +18.79 3. กลุ่มสีน้ำตาลเข้ม มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +3.55 ถึง +9.35 มีค่าสี a^* อยู่ระหว่าง -1.91 ถึง +3.00 ค่าสี b^* อยู่ระหว่าง +4.98 ถึง +17.39 และ 4) กลุ่มสีน้ำตาล

เข้มมีผลึกขนาดเล็ก มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +2.19 ถึง +5.97 มีค่า a^* อยู่ระหว่าง -0.25 ถึง +0.51 ค่า b^* อยู่ระหว่าง +4.76 ถึง +10.85

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสว่างและค่าสีของเคลือบเซรามิกส์

สูตรที่	ปริมาณเพอร์ริกออกไซด์ (ร้อยละ)								
	ร้อยละ 10			ร้อยละ 15			ร้อยละ 20		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
1	+30.56	-0.64	+16.91	+19.29	+2.92	+12.92	+18.31	+5.90	+17.88
2	+29.70	-1.66	+15.57	+19.28	+4.13	+13.80	+17.64	+6.55	+18.33
3	+26.75	-2.47	+12.47	+16.90	+4.31	+13.99	+16.30	+7.30	+18.79
4	+17.57	-2.72	+6.01	+13.87	+4.33	+14.23	+12.35	+4.42	+16.22
5	+3.55	-1.91	+4.98	+4.23	-2.75	+4.76	+5.97	-2.65	+5.47
6	+12.38	+3.27	+18.38	+3.18	-0.25	+7.03	+2.19	-1.63	+6.68
7	+11.85	+3.46	+22.70	+9.35	+3.00	+17.39	+3.62	+0.51	+10.85

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าความสว่าง (L^*) ค่าสี (a^*) และ ค่า (b^*) โดยแบ่งกลุ่มตามการเกิดสี พบว่า 1. กลุ่มสีน้ำตาลมีจุดผลึก มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +17.57 ถึง +30.56 มีค่า a^* อยู่ระหว่าง -0.64 ถึง +4.13 ค่า b^* อยู่ระหว่าง +6.01 ถึง +16.91 2. กลุ่มสีน้ำตาล มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +12.35 ถึง +18.31 มีค่า a^* อยู่ระหว่าง +4.31 ถึง +7.30 ค่า b^* อยู่ระหว่าง +13.99 ถึง +18.79 3. กลุ่มสีน้ำตาลเข้ม มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +3.55 ถึง +9.35 มีค่า a^* อยู่ระหว่าง -1.91 ถึง +3.00 ค่า b^* อยู่ระหว่าง +4.98 ถึง +17.39 และ 4) กลุ่มสีน้ำตาลเข้มมีผลึกขนาดเล็ก มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +2.19 ถึง +5.97 มีค่า a^* อยู่ระหว่าง -0.25 ถึง +0.51 ค่า b^* อยู่ระหว่าง +4.76 ถึง +10.85

2. ผลการศึกษาลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส มีผลการศึกษาดังตารางที่ 4 และภาพที่ 1

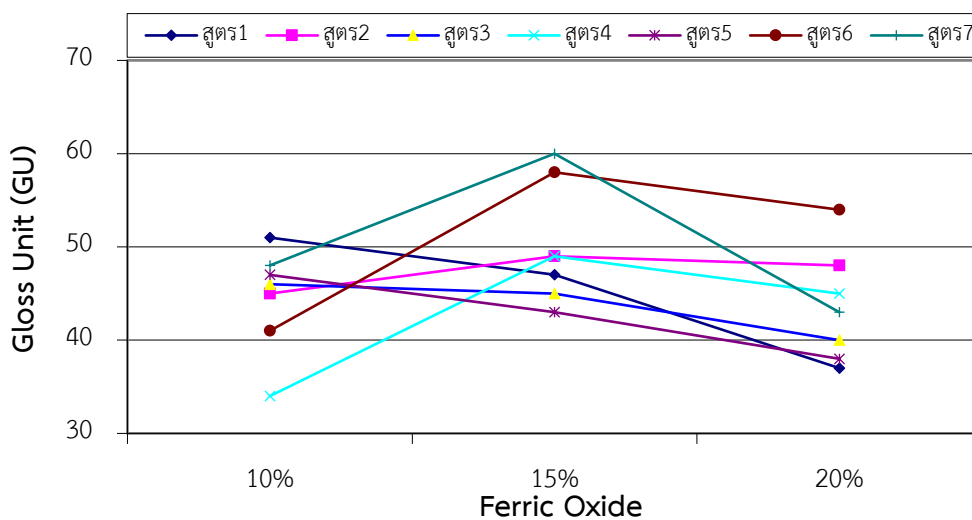
ตารางที่ 4 ลักษณะและความสมบูรณ์ของเคลือบเซรามิกส์

สูตรส่วนผสม ที่	ลักษณะของผิวเคลือบ			ความสมบูรณ์ของเคลือบ		
	ปริมาณเพอร์ริกออกไซด์ (ร้อยละ)					
	ร้อยละ10	ร้อยละ15	ร้อยละ20	ร้อยละ10	ร้อยละ15	ร้อยละ20
1	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
	51 GU	47 GU	37 GU	มีจุดผลึก	มีจุดผลึก	



สูตรส่วนผสม ที่	ลักษณะของผิวเคลือบ			ความสมบูรณ์ของเคลือบ		
	ปริมาณเฟอร์ริกออกไซด์ (ร้อยละ)					
	ร้อยละ10	ร้อยละ15	ร้อยละ20	ร้อยละ10	ร้อยละ15	ร้อยละ20
2	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
	45 GU	49 GU	48 GU	มีจุดฟลัก	มีจุดฟลัก	
3	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
	46 GU	45 GU	40 GU	มีจุดฟลัก		
4	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
	34 GU	49 GU	45 GU	มีจุดฟลัก		
5	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
	47 GU	43 GU	38 GU		มีฟลักขนาดเล็ก	มีฟลักขนาดเล็ก
6	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
	41 GU	58 GU	54 GU		มีฟลักขนาดเล็ก	มีฟลักขนาดเล็ก
7	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
	48 GU	60 GU	43 GU			มีฟลักขนาดเล็ก

จากตารางที่ 4 พบว่า 1. ลักษณะของเคลือบมีความมันแวววาวทุกสูตรส่วนผสม โดยมีจุดฟลัก จำนวน 6 สูตร และเกิดฟลักขนาดเล็กจำนวน 5 สูตร 2. ค่าระดับความมันของผิวเคลือบด้วยเครื่องวัดความเงา Gloss Unit (GU) อยู่ระหว่าง 34- 60 GU 3. ผิวเคลือบมีความสมบูรณ์ทุกสูตรส่วนผสม



ภาพที่ 2 ระดับความมันของผิวเคลือบ

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาเคลือบเซรามิกส์จากเฟอร์ริกออกไซด์ ไทเทเนียมไดออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารเพิ่มเติม ในครั้งนี้ สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การเกิดสีของเคลือบ ทดสอบความสว่างและค่าสีของเคลือบเซรามิกส์ สามารถอภิปรายผลการวิจัย ได้ดังนี้

1.1 การเกิดสีของเคลือบภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส มี 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มสีน้ำตาลมีจุดผลึก (Brown spot tone) กลุ่มสีน้ำตาล (Brown tone) กลุ่มสีน้ำตาลเข้ม (Dark brown tone) กลุ่มสีน้ำตาลเข้มมีผลึกขนาดเล็ก (Dark brown and aventurine tone) เนื่องจากการใช้เฟอร์ริกออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติมที่จะให้สีในโทนสีน้ำตาลไปจนถึงน้ำตาลเข้มตามปริมาณของออกไซด์ และเมื่อใช้ในปริมาณ ร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 20 จะเกิดผลึกเล็กๆ คล้ายกากเพชรในชั้นของเคลือบ (ไพจิตร, 2547) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปราโมทย์ ปิ่นสกุล (2552) ที่ทดลองผสมเฟอร์ริกออกไซด์ในน้ำเคลือบเซรามิกส์ร้อยละ 2-ร้อยละ 6 แล้วได้สีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้ม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรชัย (2558) ที่ทดลองเคลือบจากดินพื้นบ้าน ที่มีเฟอร์ริกออกไซด์สูง ทดลองเผาในบรรยากาศออกซิเดชันแล้วได้สีน้ำตาลดำ ส่วนการใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ในเคลือบในปริมาณมากจะมีผลให้เคลือบเกิดผลึกได้ (สมศักดิ์, 2549) และไทเทเนียมไดออกไซด์ยังมีสมบัติเป็นสารที่ให้ความทึบแสงซึ่งเมื่อนำมาใช้ร่วมกับออกไซด์ให้สีชนิดอื่นจะช่วยให้เคลือบแตกตัวเป็นจุด (ไพจิตร, 2546)

1.2 ความสว่างและค่าสีของเคลือบหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +2.19 ถึง +30.56 มีค่าสี a^* อยู่ระหว่าง -0.25 ถึง +7.30 ค่าสี b^* อยู่ระหว่าง +4.76 ถึง +18.79 ซึ่งมีผลการทดสอบสอดคล้องกับปริมาณการใช้เฟอร์ริกออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติมในเคลือบ โดยที่เมื่อใช้ปริมาณเฟอร์ริกออกไซด์มากขึ้น ค่า L^* จะลดลงตามลำดับ ส่วนค่าสี a^* และ b^* จะแปรผันไปตามสัดส่วนปริมาณของส่วนผสมออกไซด์ที่ใช้เป็นสารเพิ่มเติม

2. ลักษณะและผิวเคลือบมีความมันแวววาว มีความสมบูรณ์ทุกสูตรส่วนผสมเนื่องจากในสูตรส่วนผสมได้ใช้เคลือบเซรามิกส์พื้นฐานที่มีหินฟันม้า โดโลไมท์ และแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นวัตถุดิบที่เป็นตัวช่วยหลอมละลายได้ดีในเคลือบ สมบูรณ์ (2553) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธมลวัฒน์ หิรัญชาติอนันต์ (2565) ที่ใช้เฟลด์สปาร์ และแบเรียมคาร์บอเนตช่วยการหลอมตัวในการพัฒนาเคลือบ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปราโมทย์ (2552) ที่พบว่าเคลือบที่มีการหลอมตัวสมบูรณ์มีความใสมันวาวผิวเคลือบสม่ำเสมอเนื่องจากใช้หินฟันม้า และปูนปลาสเตอร์ที่ใช้แทนหินปูนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวช่วยให้เคลือบหลอมตัวได้ดี ส่วนค่าระดับความมันของผิวเคลือบ อยู่ระหว่าง 34- 60 GU และเมื่อนำค่าระดับความมันมาสร้างกราฟพบว่า มีแนวโน้ม ที่ค่าระดับความมันจะลดลงเมื่อใช้

ปริมาณเพอร์ริกออกไซด์และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารเพิ่มเติม ในปริมาณที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ไพจิตร (2547) และ สุขุมาล (2548) ที่กล่าวว่า แบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารทนไฟสูงมีจุดหลอมละลายที่ 1923 องศาเซลเซียส ถ้าใช้ในปริมาณมากมักจะทำให้เคลือบด้านหรือเคลือบกึ่งด้านได้

5.2 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาเคลือบเซรามิกส์จากเพอร์ริกออกไซด์ ไทเทเนียมไดออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารเพิ่มเติม สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาการเกิดสีของเคลือบ ทดสอบความสว่างและค่าสีของเคลือบเซรามิกส์สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

1.1 การเกิดสีของเคลือบภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส มี ดังนี้

1) กลุ่มสีน้ำตาลมีจุดผลึก (Brown Spot Tone) โดยเป็นสูตรที่มีเพอร์ริกออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 10 ได้แก่ สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และ เพอร์ริกออกไซด์ ร้อยละ 15 ได้แก่ สูตรที่ 1 สูตรที่ 2

2) กลุ่มสีน้ำตาล (Brown Tone) โดยเป็นสูตรที่มีเพอร์ริกออกไซด์เป็น สารเพิ่มเติม ร้อยละ 10 ได้แก่สูตรที่ 6 สูตรที่ 7 เพอร์ริกออกไซด์ ร้อยละ 15 ได้แก่ สูตรที่ 3 สูตรที่ 4 เพอร์ริกออกไซด์ ร้อยละ 20 ได้แก่ สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 สูตรที่ 4

3) กลุ่มสีน้ำตาลเข้ม (Dark Brown Tone) โดยเป็นสูตรที่มีเพอร์ริกออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 10 ได้แก่ สูตรที่ 5 เพอร์ริกออกไซด์ ร้อยละ 15 ได้แก่ สูตรที่ 7 และ 2. ค่า RGB อยู่ระหว่าง 70-142, 70-124, 64-113 และ 3. ค่าสีในระบบ RAL-LS Color Chart อยู่ระหว่าง RAL-LS 7002 - RAL-LS 9011

4) กลุ่มสีน้ำตาลเข้มมีผลึกขนาดเล็ก (Dark Brown and Aventurine Tone) โดยเป็นสูตรที่มีเพอร์ริกออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 15 ได้แก่ สูตรที่ 5 สูตรที่ 6 เพอร์ริกออกไซด์ ร้อยละ 20 ได้แก่ สูตรที่ 5 สูตรที่ 6 สูตรที่ 7 ซึ่งการเกิดสีของเคลือบดังกล่าวจะเกิดตามปริมาณ การใช้สารเพิ่มเติม

1.2 การทดสอบความสว่างและค่าสีของเคลือบหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส จำแนกตามกลุ่มการเกิดสี สามารถสรุปได้ดังนี้

1) กลุ่มสีน้ำตาลมีจุดผลึก มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +17.57 ถึง +30.56 มีค่าสี a^* อยู่ระหว่าง -0.64 ถึง +4.13 ค่าสี b^* อยู่ระหว่าง +6.01 ถึง +16.91

2) กลุ่มสีน้ำตาล มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +12.35 ถึง +18.31 มีค่าสี a^* อยู่ระหว่าง +4.31 ถึง +7.30 ค่าสี b^* อยู่ระหว่าง +13.99 ถึง +18.79

3) กลุ่มสีน้ำตาลเข้ม มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +3.55 ถึง +9.35 มีค่าสี a^* อยู่ระหว่าง -1.91 ถึง +3.00 ค่าสี b^* อยู่ระหว่าง +4.98 ถึง +17.39

4) กลุ่มสีน้ำตาลเข้มมีผลึกขนาดเล็ก มีค่า L^* อยู่ระหว่าง +2.19 ถึง +5.97 มีค่า a^* อยู่ระหว่าง -0.25 ถึง +0.51 ค่า b^* อยู่ระหว่าง +4.76 ถึง +10.85

2. ผลการศึกษาลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบเซรามิกส์ ภายหลังจากการเผา ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส สรุปได้ดังนี้ 1) ลักษณะของเคลือบมีความมันแวววาวทุกสูตร ส่วนผสม โดยมีจุดผลึก จำนวน 6 สูตร และเกิดผลึกขนาดเล็กจำนวน 5 สูตร 2) ค่าระดับความมันของผิวเคลือบ อยู่ระหว่าง 34- 60 GU 3) ผิวเคลือบมีความสมบูรณ์ทุกสูตรส่วนผสม

โดยสรุปเคลือบเซรามิกส์จากเฟอร์ริกออกไซด์ ไทเทเนียมไดออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารเพิ่มเติมและทำการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชันแล้วผิวเคลือบมันแวววาวและไม่มีตำหนิ ประกอบด้วยวัตถุดิบดังต่อไปนี้ หินฟันม้า ร้อยละ 45 โดโลไมท์ ร้อยละ 10 แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 13 ดินขาว ร้อยละ 7 และ หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 25 โดยใช้สารเพิ่มเติมได้แก่ 1) ไทเทเนียมไดออกไซด์ ร้อยละ 1 ถึง ร้อยละ 10 2) แบเรียมคาร์บอเนต ร้อยละ 1 ถึง ร้อยละ 10 และการใช้เฟอร์ริกออกไซด์ต่อเคลือบเซรามิกส์ที่มีเฟอร์ริกออกไซด์ ไทเทเนียมไดออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนต เป็นสารเพิ่มเติม และเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส ที่มีความเหมาะสมมีอัตราส่วนผสมของเฟอร์ริกออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 20

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย ซึ่งทำให้การดำเนินการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

ธมลวัฒน์ หิรัญชาติอนันต์. (2565). การพัฒนาสูตรเคลือบดอกซากุระโดยใช้นิเกิลออกไซด์เป็นสารให้

สี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ, 2(2), 23-31.

ปราโมทย์ ปิ่นสกุล. (2552). การทำน้ำเคลือบเซรามิกส์จากเศษผงปูนปลาสเตอร์. วารสารวิจัยและ

พัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 4(1), 63-71.

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2547). เซรามิกส์ (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรชัย ปานทุ่ง. (2558). การพัฒนาน้ำเคลือบเซรามิกส์จากเนื้อดินพื้นบ้าน. วารสารวิจัย

สหวิทยาการไทย, 10(3), 38-44.

ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2546). สีเซรามิกส์. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2547). รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.



สมบูรณ์ อรัณยภาค. (2553). **หลักการทำเคลือบเซรามิก**. กรุงเทพฯ: แอคทีฟ พรินท์.
สมศักดิ์ ชวลาวัณย์. 2549. **เซรามิกส์**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
สุขุมาล เล็กสวัสดิ์. (2548). **เครื่องปั้นดินเผาพื้นฐานการออกแบบและปฏิบัติงาน**. กรุงเทพฯ:
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.