

การพัฒนาเคลือบหินฟันม้าที่มีทองแดงออกไซด์ ดีบุกออกไซด์
สังกะสีออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารเพิ่มเติม
ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

THE DEVELOPMENT OF FELDSPAR GLAZE CONTAINING COPPER
OXIDE, TIN OXIDE ZINC OXIDE, AND BARIUM CARBONATE AS
ADDITIVES AT 1,230 DEGREES CELSIUS BURNING

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

วันที่รับระบบ 30 มีนาคม 2565

วันที่แก้ไขบทความ 30 เมษายน 2565

วันที่ตอบรับบทความ 30 เมษายน 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการเกิดสีของเคลือบ ทดสอบค่าสีและความสว่างของเคลือบ 2) เพื่อศึกษาลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบโดยกำหนดเคลือบที่มีดีบุกออกไซด์สังกะสีออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารเพิ่มเติม โดยสุ่มแบบเจาะจงจากตารางสามเหลี่ยมจำนวน 10 สูตรส่วนผสม และใช้ทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 1 ร้อยละ 3 และร้อยละ 5 ทุกส่วนผสม เเผเคลือบที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น ผลการวิจัยพบว่า (1) การเกิดสีของเคลือบหินฟันม้า มี 2 โทน ได้แก่ 1) โทนเขียวอมสีฟ้า ได้แก่ สูตรที่ 1-3 มีปริมาณทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 1 2) โทนสีเขียว ได้แก่ สูตรที่ 1-3 มีปริมาณทองแดงออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 3-5 และสูตรที่ 4-10 ที่มีปริมาณทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 1-5 (2) เคลือบหินฟันม้ามีค่า a^* เฉลี่ยอยู่ที่ -9.65 ถึง -11.10 มีค่า b^* เฉลี่ยอยู่ที่ +12.77 ถึง +16.64 และมีค่า L^* เฉลี่ยอยู่ที่ +50.80 ถึง +24.30 (3) ลักษณะของเคลือบหินฟันม้ามีความมันแวววาวทุกสูตรส่วนผสม และผิวเคลือบมีความสมบูรณ์โดยไม่มีตำหนิทุกสูตรส่วนผสม (4) เคลือบหินฟันม้าที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยวัตถุดิบดังต่อไปนี้ หินฟันม้า ร้อยละ 45 โดโลไมท์ ร้อยละ 10 แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 13 ดินขาว ร้อยละ 07 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 25 มีส่วนผสมของดีบุกออกไซด์ ร้อยละ 2-8 สังกะสีออกไซด์ ร้อยละ 1-7 แบเรียมคาร์บอเนต ร้อยละ 1-7 และสามารถใช้ทองแดงออกไซด์ ต่อเคลือบหินฟันม้าที่มีดีบุกออกไซด์ สังกะสีออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นสารเพิ่มเติม ตั้งแต่ ร้อยละ 1-5

คำสำคัญ: เคลือบหินฟีนมา, สารเพิ่มเติม, เซรามิกส์

Abstract

The objectives of this paper aim 1) to study the effects of Feldspar glazing on glaze color and brightness, 2) to study the physical qualifications of Feldspar glazing with Tin Oxide, Zinc Oxide, and Barium Carbonate as additives. The sampling plan is used in the experiment by sampling diagram from Triaxial diagram which the suitable number of experiments is 10 mixtures and each mixture includes 1%, 3%, and 5% of Copper Oxide. The characteristic of physical qualifications has been studied after burning at 1,230 Degrees Celsius under an oxidation atmosphere. The results of this research showed that (1) The color from Feldspar glaze consists of two-color tones which are turquoise and green tones. Turquoise colors shown in mixture 1-3 that has 1% of Copper Oxide, while green colors shown in mixture 1-3 that has 3-5% of Copper Oxide, and mixture 4-10 that has 1-5% of Copper Oxide. (2) The color glazing from Feldspar according to the color chart is at a* shade which has the average at -9.65 to -11.10, at b* shade which has the average at +12.77 to +16.64, and at L* shade which has the average at +50.80 to +24.30. (3) The physical qualifications from Feldspar glaze showed complete and glossy characteristic in every mixture. (4) The developed Feldspar glaze consists of constituents such as 45% of Potash Feldspar, 10% of Dolomite, 13% of Calcium Carbonate, 7% of Kaolin, 25% of Quartz, 2-8% of Tin Oxide, 1-7% of Zinc Oxide, 1-7% of Barium Carbonate, and 1-5% of Copper Oxide can be used in Feldspar glaze that contains Tin Oxide, Zinc Oxide, and Barium Carbonate as the additives.

Keywords: Feldspar Glazing, Additives, Ceramics

1.บทนำ

น้ำเคลือบ เป็นสารประกอบอย่างหนึ่งซึ่งประกอบด้วยสารประกอบพวก กรด ต่างและกลาง ผสมกันตามสูตรส่วนผสมแล้วนำมาเคลือบลงบนผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดินแล้วนำไปเผาให้ความร้อน จนถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างพวกกรด ต่าง และกลางกลายเป็น สารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิโนซิลิเกต (Alumino silicate) ที่มีลักษณะหลอมตัวจนกลายเป็นแก้ว เกาะติดอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์ (สมศักดิ์, 2549) ซึ่งการเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ จะทำให้ภาชนะมี

ความแข็งแรง ทนทาน รวมทั้งสามารถทนทานต่อสารเคมี กรดต่าง และการเสียดสี มีความสวยงาม น่าใช้ สะดวกในการล้างทำความสะอาด สามารถป้องกันไม่ให้ของเหลวและแก๊สไหลผ่านได้ สามารถปิดบังผิวดินได้ดี (สุขุมาล, 2548)

ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีความสวยงามยิ่งขึ้นการใช้ออกไซด์ (Oxide) ผสมในเคลือบ ถือเป็นวัตถุดิบที่สำคัญที่จะช่วยให้เคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีความสวยงาม มีความหลากหลาย น่าสนใจ และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภค ออกไซด์บางชนิดอาจให้สีได้หลายสี เมื่อเผาในอุณหภูมิและบรรยากาศการเผาที่แตกต่างกัน รวมถึงการผสมกับออกไซด์ของโลหะชนิดอื่น ๆ ก็สามารถให้สีที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน เช่น ทองแดงออกไซด์ (Copper oxide) เมื่อเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน (Oxidation) จะให้สีเขียว ดีบุกออกไซด์ (Tin oxide) และ สังกะสีออกไซด์ (Zinc oxide) เป็นสารที่ให้สีขาวและทำให้เกิดการทึบในเนื้อเคลือบ (ไพจิตร, 2546) และพบว่าเมื่อใช้สังกะสีออกไซด์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในเคลือบหลายๆชนิดจะทำให้หน้าที่เป็นตัวลดจุดหลอมตัวของเคลือบ ทำให้เคลือบมีความมันวาวยิ่งขึ้น เคลือบ ไม่รানตัว และได้ผิวเคลือบที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ส่วนแบเรียมคาร์บอเนต (Barium carbonate) ใช้ผสมน้ำเคลือบเป็น ฟลักซ์ (Flux) ที่ช่วยให้เคลือบหลอมละลายได้ดี แต่ถ้าใช้ในอัตราส่วนผสมน้ำเคลือบที่สูงจะทำให้เคลือบด้านได้ ถือเป็นตัวลดจุดหลอมตัวของเคลือบที่รุนแรง ช่วยทำให้เคลือบ มีดัชนีหักเหแสงสูงขึ้น ทำให้เคลือบสุกใสมีความมันวาวมากยิ่งขึ้น (ปริดา, 2547)

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาสูตรเคลือบหินฟันม้าที่มี ทองแดงออกไซด์ ดีบุกออกไซด์ สังกะสีออกไซด์ และ แบเรียมคาร์บอเนต เป็นสารเพิ่มเติมที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ซึ่งผลที่ได้จากทดลองวิจัยสามารถนำสูตรเคลือบที่พัฒนาขึ้นไปเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ (Stoneware) และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปถ่ายทอดเกี่ยวกับแนวทางในการพัฒนาสูตรเคลือบสู่วิสาหกิจชุมชน สถานประกอบการอุตสาหกรรมด้านเซรามิกส์ได้ต่อไป

2.วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาการเกิดสีของเคลือบ ทดสอบค่าสีและความสว่างของเคลือบหินฟันม้า
- 2.2 เพื่อศึกษาลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบหินฟันม้า

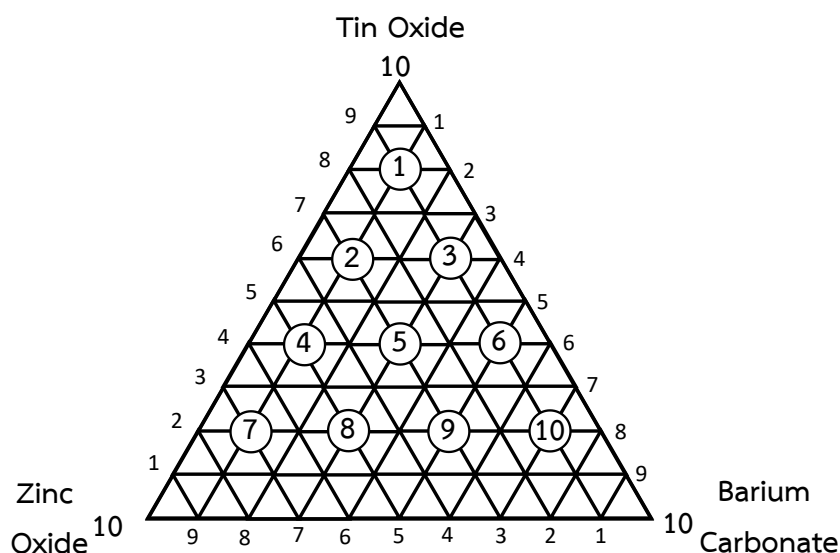
3.วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาเคลือบหินฟันม้าที่มีทองแดงออกไซด์ ดีบุกออกไซด์ สังกะสีออกไซด์ และ แบเรียมคาร์บอเนต เป็นสารเพิ่มเติมที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย ไว้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาการเกิดสีของเคลือบ ทดสอบค่าสีและความสว่างของเคลือบหินฟันม้า มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. กำหนดสูตรเคลือบหินฟันม้าพื้นฐานที่ใช้ในการผสม ได้แก่ หินฟันม้า ร้อยละ 45 โดโลไมท์ ร้อยละ 10 แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 13 ดินขาว ร้อยละ 7 และ หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 25

2. กำหนดให้มีอัตราส่วนผสมของ ดีบุกออกไซด์ สังกะสีออกไซด์ และ แบเรียมคาร์บอเนต เป็นสารเพิ่มเติมในเคลือบพื้นฐาน จำนวน 10 สูตรส่วนผสม โดยกำหนดส่วนผสมในการทดลองแบบเจาะจง (Purposive sampling) และคำนวณหาอัตราส่วนผสมจากตารางสามเหลี่ยม (Triaxial Diagram) (Singer, 1963, p.398) ดังภาพที่ 1 และ สามารถอ่านค่าได้ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 การกำหนดอัตราส่วนผสมจากตารางสามเหลี่ยม

3. กำหนดอัตราส่วนของทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติมในเคลือบหินฟันม้าทุกสูตรส่วนผสม จำนวน 3 ช่วง ได้แก่ ร้อยละ 1 ร้อยละ 3 และ ร้อยละ 5

4. ชั่งส่วนผสมทั้งหมดด้วยเครื่องชั่งระบบดิจิทัล (0.001g) และบดผสมด้วยเครื่องบดผสมความเร็วสูง (Hi-speed) ขนาดเล็ก สูตรละ 5 นาที

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

6. ชุบเคลือบแผ่นทดลองโดยใช้เวลาในการชุบเคลือบบนแผ่นทดลอง 3 วินาที

ตารางที่ 1 อัตราส่วนการใช้วัตถุดิบจากตารางสามเหลี่ยม

สูตรส่วนผสมที่	ดิบออกไซด์	สังกะสีออกไซด์	แบเรียมคาร์บอเนต
1	8	1	1
2	6	3	1
3	6	1	3
4	4	5	1
5	4	3	3
6	4	1	5
7	2	7	1
8	2	5	3
9	2	3	5
10	2	1	7

7. เผาแผ่นทดลองที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชันด้วยเตาไฟฟ้า และเผาขึ้นไฟ เป็นเวลา 15 นาที วัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไพโรเมตริกเทอร์โมคัปเปิล (Pyrometric thermocouple) และนำแผ่นทดลองออกจากเตาเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส

8. วิเคราะห์การเกิดสีของเคลือบด้วยตาเปล่า และทดสอบค่าสี ความสว่างของเคลือบหินฟันม้าโดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Color measuring) ด้วยเครื่อง 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 การศึกษาลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบหินฟันม้า มีขั้นตอนดังนี้

1. นำแผ่นทดลองที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาศึกษาลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบหินฟันม้า
2. วิเคราะห์ลักษณะของผิวเคลือบด้วยตาเปล่า โดยกำหนดระดับความมันของเคลือบเป็น 4 ระดับได้แก่ 1) เคลือบมันแวววาว (Bright) 2) เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน (Semi mat) 3) เคลือบด้าน (Mat) 4) เคลือบไม่ถึงจุดสุกตัว (Un fused)



3. วิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผิวเคลือบ โดยที่ผิวเคลือบที่สมบูรณ์ต้องไม่มีตำหนิ 7 ลักษณะ ได้แก่ 1) รูเข็ม (Pinhole) หมายถึง รูเล็ก ๆ ที่เกิดบนผิวเคลือบ 2) การราน (Crazing) หมายถึง ลักษณะเป็นเส้นตาข่ายเรียกว่าเคลือบแตกลายงา 3) การแตกร่อนบริเวณริมขอบ (Shivering) หมายถึง เคลือบที่ไม่ติดตามริมขอบผลิตภัณฑ์ 4) การร่อนออกจากเนื้อดินปั้น (Peeling) หมายถึง เคลือบที่ร่อนออกมาเป็นแผ่น ๆ 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

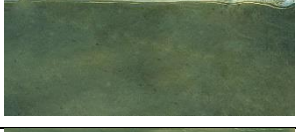
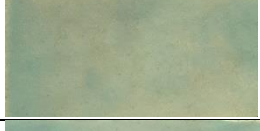
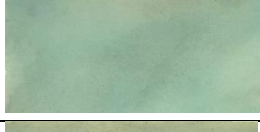
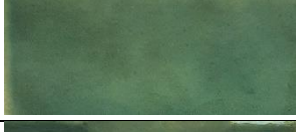
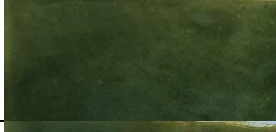
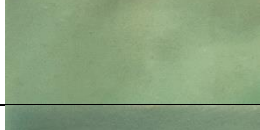
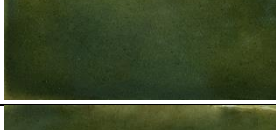
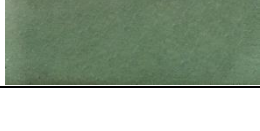
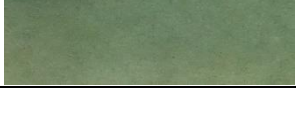
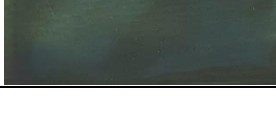
การพัฒนาเคลือบหินพื้นม้าที่มีทองแดงออกไซด์ ดีบุกออกไซด์ สังกะสีออกไซด์ และ แบเรียมคาร์บอเนต เป็นสารเพิ่มเติมที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสในครั้งนี้ ภายหลังจากดำเนินการทดลอง มีผลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. ผลการศึกษาการเกิดสีของเคลือบ ทดสอบค่าสีและความสว่างของเคลือบหินพื้นม้า ซึ่งมีรายละเอียดผลการศึกษาวิจัย แยกเป็น 2 ข้อ ดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์การเกิดสีของเคลือบภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส มีผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 2 พบว่า การเกิดสีของเคลือบ มี 2 โทน ได้แก่ 1) โทนเขียวอมสีฟ้า ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 1-3 ที่มีปริมาณทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 1 และ 2) โทนสีเขียว ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 1-3 ที่มีปริมาณทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 3-5 และ สูตรส่วนผสมที่ 4-10 ที่มีปริมาณทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติมร้อยละ 1-5

1.2 ผลการทดสอบค่าสีและความสว่างของเคลือบหินพื้นม้าภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ทดสอบด้วยเครื่อง Chroma Meter รุ่น CR-400 ในระบบสเกลสี (Color scale) ของ Hunter Lab Scale โดยมีผลการทดสอบ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 การเกิดสีของเคลือบภายหลังจากการเผา

สูตรส่วนผสมที่	ปริมาณทองแดงออกไซด์ (ร้อยละ)		
	ร้อยละ1	ร้อยละ3	ร้อยละ5
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			



ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าสีและความสว่างของเคลือบ

สูตร ที่	ปริมาณทองแดงออกไซด์ (ร้อยละ)								
	ร้อยละ 1			ร้อยละ 3			ร้อยละ 5		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	+54.18	-10.12	+8.84	+41.49	-10.39	+14.40	+27.91	-10.21	+12.85
2	+53.13	-11.35	+8.43	+38.04	-12.70	+9.69	+23.70	-10.74	+10.64
3	+53.69	-13.82	+5.02	+41.51	-9.85	+16.55	+27.77	-10.37	+15.05
4	+53.28	-6.48	+16.37	+41.46	-9.22	+18.91	+25.63	-10.45	+13.66
5	+51.63	-10.59	+11.93	+35.83	-12.52	+14.78	+27.78	-10.20	+16.91
6	+52.68	-8.07	+14.70	+35.86	-12.42	+15.35	+24.46	-9.75	+14.55
7	+49.13	-10.89	+17.34	+31.70	-11.24	+21.96	+24.48	-9.37	+19.90
8	+45.83	-11.15	+14.93	+32.35	-11.72	+20.23	+23.19	-8.99	+14.97
9	+45.88	-9.46	+15.10	+33.31	-12.61	+17.33	+18.81	-7.25	+11.62
10	+48.65	-7.92	+15.09	+35.68	-8.42	+17.27	+19.35	-9.26	+14.40
เฉลี่ย	+50.80	-9.98	+12.77	+36.72	-11.10	+16.64	+24.30	-9.65	+14.45

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าสี a^* และ ค่า b^* และ ค่าความสว่าง L^* มีผลการทดสอบดังนี้

(1) ผลการทดสอบค่าสี (a^* b^*) สูตรที่มีปริมาณทองแดงออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติมร้อยละ 1 โดยมีค่า a^* เฉลี่ยอยู่ที่ -9.98 ซึ่งสูตรที่มีค่า a^* สูงสุดได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 3 (-13.82) และค่า a^* ต่ำสุด ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 4 (-6.48) และ มีค่า b^* เฉลี่ยอยู่ที่ +12.77 ซึ่งสูตรที่มีค่า b^* สูงสุดได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 7 (+17.34) และ ค่า b^* ต่ำสุด ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 3 (+5.02) และผลการทดสอบค่าความสว่าง (L^*) พบว่า มีค่า L^* เฉลี่ยอยู่ที่ +50.80 ซึ่งสูตรที่มีค่า L^* สูงสุดได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 1 (+54.18) และ ค่า L^* ต่ำสุด ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 8 (+45.83)

(2) ผลการทดสอบค่าสี (a^* b^*) สูตรที่มีปริมาณทองแดงออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติมร้อยละ 3 โดยมีค่า a^* เฉลี่ยอยู่ที่ -11.10 ซึ่งสูตรที่มีค่า a^* สูงสุดได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 2 (-12.70) และค่า a^* ต่ำสุด ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 10 (-8.42) และ มีค่า b^* เฉลี่ยอยู่ที่ +16.64 ซึ่งสูตรที่มีค่า b^* สูงสุดได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 7 (+21.96) และ ค่า b^* ต่ำสุด ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 2 (+9.69) และผลการทดสอบค่าความสว่าง (L^*) พบว่า มีค่า L^* เฉลี่ยอยู่ที่ +36.72 ซึ่งสูตรที่มีค่า L^* สูงสุดได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 3 (+41.51) และ ค่า L^* ต่ำสุด ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 7 (+31.70)



(3) ผลการทดสอบค่าสี (a^* b^*) สูตรที่มีปริมาณทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 5 โดยมีค่า a^* เฉลี่ยอยู่ที่ -9.65 ซึ่งสูตรที่มีค่า a^* สูงสุดได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 2 (-10.74) และ ค่า a^* ต่ำสุด ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 9 (-7.25) และ มีค่า b^* เฉลี่ยอยู่ที่ +14.45 ซึ่งสูตรที่มีค่า b^* สูงสุดได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 9 (+19.90) และ ค่า b^* ต่ำสุด ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 2 (+10.64) และ ผลการทดสอบค่าความสว่าง (L^*) พบว่า มีค่า L^* เฉลี่ยอยู่ที่ +24.30 ซึ่งสูตรที่มีค่า L^* สูงสุดได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 1 (+27.91) และ ค่า L^* ต่ำสุด ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 9 (+18.81)

(4) ระดับค่าความสว่าง L^* ต่อปริมาณของทองแดงออกไซด์ พบว่า ค่า L^* จะแปรผันตามปริมาณการใช้ทองแดงออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ซึ่งพบว่า การใช้ทองแดงออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 5 จะมีค่า L^* ต่ำ โดยมีค่า L^* เฉลี่ยอยู่ที่ +24.30 ส่วนสูตรที่มีทองแดงออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 1 จะมีค่า L^* สูง โดยมีค่า L^* เฉลี่ยอยู่ที่ +50.80

2. ผลการศึกษาลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบหินพื้นม้า ภายหลังจากการเผาที่ อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส มีผลการศึกษาดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ลักษณะและความสมบูรณ์ของเคลือบภายหลังจากการเผา

สูตร ส่วนผสมที่	ลักษณะของผิวเคลือบ			ความสมบูรณ์ของเคลือบ		
	ปริมาณทองแดงออกไซด์ (ร้อยละ)					
	ร้อยละ1	ร้อยละ3	ร้อยละ5	ร้อยละ1	ร้อยละ3	ร้อยละ5
1	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
2	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
3	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
4	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
5	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
6	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
7	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
8	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
9	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์
10	มันแวววาว	มันแวววาว	มันแวววาว	สมบูรณ์	สมบูรณ์	สมบูรณ์

จากตารางที่ 4 พบว่า ลักษณะของเคลือบหินพื้นม้ามีความมันแวววาวทุกสูตรส่วนผสม และ ผิวเคลือบมีความสมบูรณ์ทุกสูตรส่วนผสม

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเคลือบหินพื้นม้าที่มีทองแดงออกไซด์ ดิบบุกออกไซด์ สังกะสีออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนต เป็นสารเพิ่มเติมที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาการเกิดสีของเคลือบ ทดสอบค่าสีและความสว่างของเคลือบหินพื้นม้า สามารถสรุปผลการศึกษาวิจัย แยกเป็น 2 ข้อ ได้ดังนี้

1.1 การเกิดสีของเคลือบภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส มีผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ การเกิดสีของเคลือบ มี 2 โทน ได้แก่ 1) โทนเขียวอมสีฟ้า ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 1-3 ที่มีปริมาณทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 1 และ 2) โทนสีเขียว ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 1-3 ที่มีปริมาณทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 3-5 และ สูตรส่วนผสมที่ 4-10 ที่มีปริมาณทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 1-5 ซึ่งการเกิดสีของเคลือบดังกล่าวจะเกิดตามปริมาณการใช้ทองแดงออกไซด์และดิบบุกออกไซด์เป็นสารเพิ่มเติม

1.2 การทดสอบค่าสีและความสว่างของเคลือบหินพื้นม้าภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส มีผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) ผลการทดสอบค่าสี (a^* b^*) สูตรที่มีปริมาณทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 1 มีค่า a^* เฉลี่ยอยู่ที่ -9.98 และ มีค่า b^* เฉลี่ยอยู่ที่ +12.77 และผลการทดสอบค่าความสว่าง (L^*) มีค่า L^* เฉลี่ยอยู่ที่ +50.80 2) ผลการทดสอบค่าสี (a^* b^*) สูตรที่มีปริมาณทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 3 มีค่า a^* เฉลี่ยอยู่ที่ -11.10 และ มีค่า b^* เฉลี่ยอยู่ที่ +16.64 และผลการทดสอบค่าความสว่าง (L^*) มีค่า L^* เฉลี่ยอยู่ที่ +36.72 3) ผลการทดสอบค่าสี สูตรที่มีปริมาณทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติม ร้อยละ 5 มีค่า a^* เฉลี่ยอยู่ที่ -9.65 และ มีค่า b^* เฉลี่ยอยู่ที่ +14.45 และผลการทดสอบค่าความสว่าง (L^*) มีค่า L^* เฉลี่ยอยู่ที่ +24.30 4) การทดสอบค่าความสว่าง (L^*) พบว่า สูตรเคลือบที่มีค่า L^* สูงสุดได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 1 (+54.18) และ ค่า L^* ต่ำสุด ได้แก่ สูตรส่วนผสมที่ 9 (+18.81)

2. ผลการศึกษาลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบหินพื้นม้า ภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส มีผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ ลักษณะและความสมบูรณ์ของเคลือบพบว่า ลักษณะของเคลือบมีความมันแวววาว ทุกสูตรส่วนผสม และผิวเคลือบมีความสมบูรณ์ทุกสูตรส่วนผสม ซึ่งมาจากส่วนผสมของวัตถุดิบที่ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายในเคลือบหินพื้นม้า เช่น สังกะสีออกไซด์ แบเรียมคาร์บอเนต โดโลไมท์ และ แคลเซียมคาร์บอเนตในส่วนผสมของเคลือบ

โดยสรุปเคลือบหินพื้นม้าที่มีส่วนผสมระหว่างดิบบุกออกไซด์ สังกะสีออกไซด์ และแบเรียมคาร์บอเนต เป็นสารเพิ่มเติม และทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชันแล้วผิวเคลือบมันแวววาวและไม่มีตำหนิ ประกอบด้วยวัตถุดิบดังต่อไปนี้ หินพื้นม้า ร้อยละ 45 โดโลไมท์ ร้อยละ 10 แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 13 ดินขาว ร้อยละ 7 หินเขี้ยวหนุมาณ ร้อย

ละ 25 โดยใช้สารเพิ่มเติมได้แก่ ดีบุกออกไซด์ ร้อยละ 2 ถึง ร้อยละ 8 สังกะสีออกไซด์ ร้อยละ 1 ถึง ร้อยละ 7 แบเรียมคาร์บอเนต ร้อยละ 1 ถึง ร้อยละ 7 และการใช้ทองแดงออกไซด์ ต่อเคลือบ หินฟันม้าที่มีดีบุกออกไซด์ สังกะสีออกไซด์ และ แบเรียมคาร์บอเนต เป็นสารเพิ่มเติม และเผาที่ อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ที่มีความเหมาะสมมีอัตราส่วนผสมของทองแดงออกไซด์ เป็นสาร เพิ่มเติม ตั้งแต่ ร้อยละ 1 ถึง ร้อยละ 5

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาเคลือบหินฟันม้าที่มีทองแดงออกไซด์ ดีบุกออกไซด์ สังกะสีออกไซด์ และ แบเรียมคาร์บอเนต เป็นสารเพิ่มเติมที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสในครั้งนี้ สามารถอภิปราย ผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การศึกษาการเกิดสีของเคลือบ ทดสอบค่าสีและความสว่างของเคลือบหินฟันม้า

1.1 การเกิดสีของเคลือบหินฟันม้า มี 2 โทน ได้แก่ 1) โทนเขียวอมสีฟ้า 2) โทนสี เขียว โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติม ซึ่งโทนสีที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับ ไพจิตร อังศิริวัฒน์ (2546) ที่ได้กล่าวว่า การให้สีของทองแดงออกไซด์ ในบรรยากาศ ออกซิเดชันที่ ทำปฏิกิริยากับต่างในเคลือบที่มีลูมินาต่ำสามารถให้สีฟ้า และสีเขียวอมฟ้า และสอดคล้องกับ สุขุมาล เล็กสวัสดิ์ (2548) ที่กล่าวว่า ใช้ทองแดงออกไซด์ ร้อยละ 1 ถึง ร้อยละ 3 สีที่ได้จากเคลือบ แอลคาไลน์จะเป็นสีแบบเทอร์คอยซ์ (Turquoise) สอดคล้องกับ ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2547) ที่กล่าว ว่า เมื่อใช้ทองแดงออกไซด์ ร่วมกับดีบุกออกไซด์ จะได้เคลือบสีน้ำทะเล และสอดคล้องกับงานวิจัย ของ ณัฐนันท์ บัวงาม (2553) ที่สูตรเคลือบสีฟ้า น้ำทะเลและสีฟ้าคราม โดยใช้สารเพิ่มเติมในสูตร เคลือบ ได้แก่ ทองแดงออกไซด์ ร้อยละ 2 ถึงร้อยละ 3 และ ดีบุกออกไซด์ ร้อยละ 4 และการเกิดสีใน กลุ่มที่ให้โทนสีเขียว สอดคล้องกับ สุขุมาล เล็กสวัสดิ์ (2548) และสมศักดิ์ ขวาลาวณ์ (2549) ที่ได้ กล่าวว่า ทองแดงออกไซด์มีผงสีดำแต่ให้สีในโทนสีเขียวอ่อนถึงเขียวแก่เมื่อเผาในบรรยากาศการเผา แบบออกซิเดชัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภารดี พันธุภากร และ เสกสรรค์ ตันยาภิรมย์ (2542) ที่พบว่า กลุ่มเคลือบที่ใช้ทองแดงออกไซด์ เป็นสารเพิ่มเติมเคลือบจะมีสีเขียว หัวเปิด

1.2 ค่าสี (a^* b^*) และความสว่าง (L^*) ของเคลือบหินฟันม้าที่พัฒนาขึ้น พบว่า เคลือบ มีค่า a^* เฉลี่ยอยู่ที่ -9.65 ถึง -11.10 มีค่า b^* เฉลี่ยอยู่ที่ +12.77 ถึง +16.64 และมีค่า L^* เฉลี่ยอยู่ที่ +50.80 ถึง +24.30 ซึ่งมีผลการทดสอบสอดคล้องกับปริมาณการใช้ทองแดงออกไซด์ เป็น สารเพิ่มเติมในเคลือบ โดยที่เมื่อใช้ปริมาณทองแดงออกไซด์ น้อย ค่า a^* b^* จะน้อยตามลำดับ ส่วน ค่าความสว่างของเคลือบเมื่อใช้ทองแดงออกไซด์ ปริมาณน้อย ค่า L^* จะสูงตามลำดับ

2. ลักษณะและความสมบูรณ์ของผิวเคลือบหินฟันม้า ภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้ ลักษณะของเคลือบหินฟันม้ามีความมัน

แวววาวทุกสูตรส่วนผสม และผิวเคลือบมีความสมบูรณ์โดยไม่มีตำหนิทุกสูตรส่วนผสม ซึ่งลักษณะของเคลือบหินพื้นม้าที่พัฒนาขึ้นจะมีส่วนผสมของวัตถุดิบที่ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายในเคลือบหินพื้นม้า ได้แก่ หินพื้นม้า โดโลไมท์ แคลเซียมคาร์บอเนต สังกะสีออกไซด์ และ แบเรียมคาร์บอเนต ซึ่งสอดคล้องกับ ไพจิตร อังศิริวัฒน์ (2547) ที่กล่าวว่าหินพื้นม้าเป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลาย ระหว่าง 1,180-1,200 องศาเซลเซียส และใช้เป็นวัตถุดิบหลักในสูตรเคลือบ ระหว่าง ร้อยละ 40-60 โดยใช้ร่วมกับวัตถุดิบที่เป็นตัวหลอมละลายอื่นๆจะช่วยให้หินพื้นม้า ทำหน้าที่หลอมละลายได้ดียิ่งขึ้น ปริดา พิมพ์ขาวขำ (2547) ที่กล่าวว่า หินพื้นม้าเป็นสารประกอบแอลคาไลน์ ซึ่งเป็นตัวลดจุดหลอมตัวของตัวเคลือบ ทำให้เคลือบเหลวมีการเคลื่อนตัวได้มากขึ้น ช่วยทำให้ดัชนีหักเหของเคลือบเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มความใสของเคลือบมากยิ่งขึ้น ส่วนการใช้โดโลไมท์ และแคลเซียมคาร์บอเนต ในเคลือบสอดคล้องกับ ปริดา พิมพ์ขาวขำ (2547) และ สมศักดิ์ ขวาลาวัณย์ (2549) ที่กล่าวว่าสารประกอบแคลเซียม เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเคลือบแทบทุกชนิด ซึ่งใช้เป็นตัวทำให้เคลือบสุดตัวดี มีความแข็งสูงขึ้น ทนต่อการขีดขูดได้ดี ซึ่งการใช้สังกะสีออกไซด์ สอดคล้องกับ ปริดา พิมพ์ขาวขำ (2547) ที่กล่าวว่า Zinc Oxide เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเคลือบหลายๆชนิด ทำหน้าที่เป็นตัวลดจุดหลอมตัวของเคลือบ ทำให้เคลือบมีความมันวาวยิ่งขึ้น เคลือบไม่รানตัว และได้ผิวเคลือบที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และการใช้แบเรียมคาร์บอเนต ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลาย สอดคล้องกับ ไพจิตร อังศิริวัฒน์ (2547) กล่าวว่าแบเรียมคาร์บอเนต มีคุณสมบัติเป็นตัวหลอมละลายที่อุณหภูมิปานกลางถึงอุณหภูมิสูง ระหว่าง 1,180-1,250 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เป็นตัวเร่งในการหลอมละลายของเคลือบ โดยใช้ปริมาณ ร้อยละ 5 ถึง ร้อยละ 8 และสอดคล้องกับ ปริดา พิมพ์ขาวขำ (2547) ที่กล่าวว่าในภาวะที่เหมาะสม Barium จะเป็นตัวลดจุดหลอมตัวของเคลือบที่รุนแรง ช่วยทำให้เคลือบมีดัชนีหักเหแสงสูงขึ้น ทำให้เคลือบใสมากขึ้น และ การใช้ทองแดงออกไซด์ ในปริมาณที่เหมาะสมยังส่งผลให้เคลือบมีความมันแวววาวมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ ปริดา พิมพ์ขาวขำ (2547) ที่กล่าวว่า และเมื่อใช้ทองแดงออกไซด์ เป็นองค์ประกอบในเคลือบจะมีพฤติกรรมเป็นตัวลดจุดหลอมตัวของตัวเคลือบที่รุนแรง ละลายได้ดีและเข้าเป็นเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างของแก้ว ทำให้เคลือบมีสีเขียว และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภรดี พันธุภากร และ เสกสรรค์ ตันยาภิรมย์ (2542) ที่พบว่า กลุ่มเคลือบที่ใช้ทองแดงออกไซด์ เป็นสารให้สีในสูตรเคลือบ ร้อยละ 1 ถึง ร้อยละ 5 เคลือบจะมีความมันแวววาว ส่วนสูตรเคลือบที่มีทองแดงออกไซด์ ร้อยละ 7 จะมีแนวโน้มมีความทนไฟมากกว่าสูตรที่มีการใช้ทองแดงออกไซด์ ร้อยละ 1 ถึง ร้อยละ 5 นอกจากนี้ ไพจิตร อังศิริวัฒน์ (2547) ยังกล่าวว่า หากเผาเคลือบที่มีส่วนผสมของแบเรียมคาร์บอเนต แล้วแช่ที่อุณหภูมิสูงสุดไว้ที่ระยะเวลาประมาณ 10 นาที เคลือบจะมีคุณภาพดี ไม่เกิดตำหนิเป็นฟองหลังการเผา

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย ซึ่งทำให้การดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

ณัฐนันท์ บัวงาม. (2553). **ความสุนทรีย์จากม้าน้ำ**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ)

มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

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

ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2546). **สีเซรามิก**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์

ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2547). **รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์**. (พิมพ์ครั้งที่2). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ภรดี พันธุ์ภากร, และเสกสรรค์ ตันยาภิรมย์. (2542). **เคลือบเซรามิกส์จากเปลือกหอยนางรม**. .

(รายงานผลการวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมศักดิ์ ขวาลาวณย์. 2549. **เซรามิกส์**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สุขุมล เล็กสวัสดิ์. (2548). **เครื่องปั้นดินเผา พื้นฐานการออกแบบและปฏิบัติงาน**.

กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Singer, S. S. (1963). **Industrial Ceramics**. London: Chapman and Hall Ltd.