.บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองหาอัตราส่วนเหมาะสมของสีในเคลือบเซรามิกส์โดยการใช้ส่วนผสมวัตถุดิบเป็นขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ จากโรงผลิตไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ผสมกับวัตถุดิบต่าง ๆ และสารออกไซด์ให้สี เพื่อให้ได้ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ส่งผลต่อลักษณะของสีเคลือบและความคงทนของเคลือบหลังเผา และเพื่อเป็นการหาแนวทางใหม่ในการกำจัดขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ รวมถึงการสร้างแนวทางในการผลิตเซรามิกส์ให้กับผู้ประกอบการอีกทางหนึ่ง

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อทำการทดลองหาอัตราส่วนเหมาะสมที่ส่งผลต่อลักษณะเคลือบหลังเผาจากการใช้ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ผสมกับอะลูมินา, ทรายแม่น้ำ และดินแดง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้จากการสุ่มแบบเจาะจงจากตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้สูตรส่วนผสมทั้งหมด 16 สูตร คือ ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์, ทรายแม่น้ำ,ดินแดง และอะลูมินาออกไซด์ เป็นส่วนผสม หลังจากนั้นนำสีสำเร็จรูปที่ได้นี้ไปผสมลงในเคลือบใสและเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน ทำการอ่านค่าของเฉดสีของเคลือบที่ได้หลังเผาด้วยแผ่นเทียบสีของมัลเซลและทำการทดสอบความคงทนของสีด้วยวิธีการเผาซ้ำครั้งที่ 2 ในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน

2 เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมมาทดลองผสมสีโดยการเพิ่มออกไซด์ให้สีอื่น ๆ เช่น โครมมิกออกไซด์, โคบอลออกไซด์ และเฟอร์ริกออกไซด์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้จากการสุ่มแบบเจาะจงจากตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส ได้สูตรส่วนผสมทั้งหมด 16 สูตร คือ ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์, ทรายแม่น้ำ,ดินแดง และอะลูมินา เป็นส่วนผสม เพิ่มเฟอร์ริกออกไซด์ ในปริมาณร้อยละ 3, 6 และ 9 โครมมิกออกไซด์ และโคบอลต์ออกไซด์ ในปริมาณร้อยละ 1, 3 และ 9 ในสูตรส่วนผสมทั้งหมด 16 สูตร นำสีสำเร็จรูปที่ได้ผสมลงในเคลือบใสและเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชันทำการอ่านค่าของเฉดสีของเคลือบที่ได้หลังเผาด้วยแผ่นเทียบสีของมัลเซล และทำการทดสอบความคงทนของสีด้วยวิธีการเผาซ้ำครั้งที่ 2 ในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน

3. เพื่อคัดเลือกสีสำเร็จรูปที่ดีที่สุดที่ได้จากข้อ 1 และข้อ 2 มาทดลองใช้ผสมในน้ำเคลือบเพื่อเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้จากการสุ่มแบบเจาะจง จากการคัดเลือกสีสำเร็จรูปที่ดีที่สุดสามารถให้สีในเคลือบได้ และมีความคงทนของสีเคลือบหลังจากนั้นนำมาทดสอบกับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองหาอัตราส่วนเหมาะสมที่ส่งผลต่อลักษณะเคลือบหลังเผาจากการใช้ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ผสมกับอะลูมินาออกไซด์, ทรายแม่น้ำและดินแดง ด้วยการหาอัตราส่วนผสมจากการใช้ตารางสี่เหลี่ยม

1. เฉดสี ของเคลือบหลังเผา วิเคราะห์โดยการเทียบสีของชิ้นทดลองกับตารางเทียบสีของมัลเซล MUNSELL COLOR CHARTS

2. ความคงทนของสีเคลือบหลังเผา วิเคราะห์โดยการเผาซ้ำครั้งที่ 2 ในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200° C

ตอนที่ 2 การทดลองหาอัตราส่วนเหมาะสมมาทดลองผสมสีโดยการเพิ่มออกไซด์ให้สีอื่น ๆ เช่น โครมมิกออกไซด์, โคบอลต์ออกไซด์ และเฟอร์ริกออกไซด์

1. เฉดสี ของเคลือบหลังเผา วิเคราะห์โดยการเทียบสีของชิ้นทดลองกับตารางเทียบสีของมัลเซล MUNSELL COLOR CHARTS

2. ความคงทนของสีเคลือบหลังเผา วิเคราะห์โดยการเผาซ้ำครั้งที่ 2 ในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200° C

ตอนที่ 3 คัดเลือกสีสำเร็จรูปที่ดีที่สุด คือสีที่ได้มีความคงทน สีไม่เปลี่ยนหลังจากการเผาซ้ำครั้งที่ 2 ในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200° C ที่ได้จากข้อ 1 และข้อ 2 มาทดลองใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการ เทียบสีเคลือบหลังเผาของผลิตภัณฑ์ กับชิ้นทดสอบจากตอนที่ 1 และ 2 ที่คัดเลือกเอาไว้

สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองในแต่ละขั้นตอนสามารถสรุปผลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาอัตราส่วนเหมาะสมที่ส่งผลต่อลักษณะเคลือบหลังเผาจากการใช้ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ผสมกับอะลูมินา, ทรายแม่น้ำ และดินแดง พบว่า อัตราส่วนผสมจากตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งประกอบด้วย ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ ร้อยละ 10 – 40, ทรายแม่น้ำ ร้อยละ 10 – 40, ดินแดง ร้อยละ 10 – 40 และอะลูมินาออกไซด์ ร้อยละ 10 – 40 ทั้ง 16 สูตรส่วนผสมของสีสำเร็จรูปที่ได้ เป็นอัตราส่วนเหมาะสม เมื่อผสมสีสำเร็จรูปในเคลือบปริมาณร้อยละ 20 ให้สีในเคลือบเป็นสีน้ำตาลอ่อน (5Y 8/2 yellowish) สีที่ได้นั้นมีความคงทนของสีสามารถรักษาเฉดสีเดิมที่ปรากฏในเคลือบได้เมื่อทำการเผาเคลือบซ้ำครั้งที่สองในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200° C

ตอนที่ 2 การทดลองหาอัตราส่วนเหมาะสมมาทดลองผสมสีโดยการเพิ่มออกไซด์ให้สีอื่น ๆ เช่น โครมมิกออกไซด์, โคบอลต์ออกไซด์ และเฟอร์ริกออกไซด์

จากการใช้เฟอร์ริกออกไซด์ผสมลงในส่วนผสมของสีสำเร็จรูปปริมาณร้อยละ 3

ผลปรากฏว่า ทุกสูตรส่วนผสมนั้นเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมเมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 20 ผสมในน้ำเคลือบ คือ มีเฉดสี และสีที่ปรากฏคือสีเหลืองอ่อน (5 Y 8/2 Yellowist) สีที่ได้มีความคงทนของสีสามารถรักษาเฉดสีเดิมที่ปรากฏในเคลือบได้เมื่อทำการเผาซ้ำครั้งที่สองในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200° C

จากการใช้เฟอร์ริกออกไซด์ผสมลงในส่วนผสมของสีสำเร็จรูปปริมาณร้อยละ 6

ผลปรากฏว่า เมื่อใช้ สีสำเร็จรูปในปริมาณร้อยละ 10 ผสมในน้ำเคลือบ ทุกสูตรส่วนผสมยกเว้นสูตรที่ 6, 7, 14 และ 16 เป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบสีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีเหลืองอ่อน (5 Y 8/2 Yellowist) เมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 20 เปอร์เซ็นต์ ทุกสูตรส่วนผสมสีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีเหลืองอ่อน (5 Y 7/2 Yellowist) ที่ได้นั้นมีความคงทนของสีสามารถรักษาเฉดสีเดิมที่ปรากฏในเคลือบได้เมื่อทำการเผาซ้ำครั้งที่สองในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200° C

จากการใช้เฟอร์ริกออกไซด์ผสมลงในส่วนผสมของสีสำเร็จรูปปริมาณร้อยละ 9

ผลปรากฏว่า ทุกสูตรส่วนผสมนั้นเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบเมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 20 ผสมในน้ำเคลือบสีที่ปรากฏคือ สีเหลืองอ่อน (5 Y 7/2 Yellowist) **สีที่ได้มีความคงทนของสีสามารถรักษาเฉดสีเดิมที่ปรากฏในเคลือบได้เมื่อทำการเผาซ้ำครั้งที่สองในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200° C**

จากการใช้โครมมิกออกไซด์ผสมลงในส่วนผสมของสีสำเร็จรูปปริมาณร้อยละ 1 ผลปรากฏว่าเมื่อใช้สีสำเร็จรูปในปริมาณร้อยละ 5 ผสมในน้ำเคลือบ ทุกสูตรส่วนผสมยกเว้นสูตรที่ 2, 3, 4, 5, 6, 14, 15 และ 16 เป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบสีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีเหลืองอ่อน (5 Y 8/2 Yellowist) และ (2.5 Y 7/2 Yellowist) เมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 10 ทุกสูตรส่วนผสมยกเว้นสูตรที่ 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9 และ 11 เป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบ สีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีเหลืองอ่อน (5 Y 7/2 Yellowist) และสีเหลืองเขียว (2.5 Y 8/2 Light green), (2.5 GY 7/2 Light green) เมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 20 มีเพียงสูตรที่ 6 และ12 ที่เป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบ สีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีเหลืองอ่อน (2.5 Y 6/2 Yellowist) สีที่ได้มีความคงทนของสีสามารถรักษาเฉดสีเดิมที่ปรากฏในเคลือบได้เมื่อทำการเผาซ้ำครั้งที่สองในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200° C

จากการใช้โครมมิกอออกไซด์ผสมลงในส่วนผสมของสีสำเร็จรูปปริมาณร้อยละ 3 ผลปรากฏว่าเมื่อใช้สีสำเร็จรูปในปริมาณร้อยละ 5 ผสมในน้ำเคลือบ ทุกสูตรส่วนผสมเป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบ สีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีเหลืองอ่อน (2.5 Y 7/4 Yellowist) และ (2.5 Y 8/4 Yellowist) เมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 10 ทุกสูตรส่วนผสมยกเว้นสูตรที่ 4 และ 14 เป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบ สีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีเหลืองอ่อน (2.5 Y 7/6 Yellowist), (2.5 Y 8/4 Yellowist) เมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 20 ทุกสูตรส่วนผสมเป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบ สีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีน้ำตาล (7.5 YR 5/4 Gray) สีที่ได้มีความคงทนของสีสามารถรักษาเฉดสีเดิมที่ปรากฏในเคลือบได้เมื่อทำการเผาซ้ำครั้งที่สองในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200° C

จากการใช้โครมมิกอออกไซด์ผสมลงในส่วนผสมของสีสำเร็จรูปปริมาณร้อยละ 5 ผลปรากฏว่าเมื่อใช้สีสำเร็จรูปในปริมาณร้อยละ 5 ผสมในน้ำเคลือบ ทุกสูตรส่วนผสมเป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบ สีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีเหลืองอ่อน (5 Y 7/2 Yellowist) เมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 20 ผสมในน้ำเคลือบ ทุกสูตรส่วนผสมเป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบ สีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีน้ำตาล (2.5 Y 5/4 Gray), (2.5 Y 5.5/4 Gray) สีที่ได้มีความคงทนของสีสามารถรักษาเฉดสีเดิมที่ปรากฏในเคลือบได้เมื่อทำการเผาซ้ำครั้งที่สองในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200° C

จากการใช้โคบอลต์ออกไซด์ผสมลงในส่วนผสมของสีสำเร็จรูปปริมาณร้อยละ 1 ผลปรากฏว่าในสูตรส่วนผสมนั้น ไม่มีสูตรส่วนผสมใดที่เป็นอัตราส่วนเหมาะสม เนื่องจากเมื่อทำการผสมสีสำเร็จรูปลงไปในน้ำเคลือบในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 สีที่ได้เป็นสีที่อ่อนมาก จึงไม่เลือกมาใช้ ส่วนสีที่ผสมในน้ำเคลือบในปริมาณร้อยละ 20 เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อทำการเผาซ้ำครั้งที่สอง ดังนั้นจึงไม่เลือกมาใช้

จากการใช้โคบอลต์ออกไซด์ผสมลงในส่วนผสมของสีสำเร็จรูปปริมาณร้อยละ 3 ผลปรากฏว่าเมื่อใช้สีสำเร็จรูปในปริมาณร้อยละ 5 ผสมในน้ำเคลือบ ทุกสูตรส่วนผสมเป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบ สีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีน้ำเงินอ่อน (2.5 B 8/2 Light -Blue) เมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 20 ทุกสูตรส่วนผสมเป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบ สีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีน้ำเงิน (2.5 B 6/4 Blue), (2.5 B 7/2 Blue), (2.5 B 5/4 Blue) สีที่ได้มีความคงทนของสีสามารถรักษาเฉดสีเดิมที่ปรากฏในเคลือบได้ เมื่อทำการเผาซ้ำครั้งที่สองในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200° C

จากการใช้โคบอลต์ออกไซด์ผสมลงในส่วนผสมของสีสำเร็จรูปปริมาณร้อยละ 5 ผลปรากฏว่าเมื่อใช้สีสำเร็จรูปในปริมาณร้อยละ 5 ผสมในน้ำเคลือบ ทุกสูตรส่วนผสมเป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบ สีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีน้ำเงินอ่อน (2.5 B 8/2 Light -Blue) เมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 10 ทุกสูตรส่วนผสมยกเว้นสูตรส่วนผสมที่ 3, 4 และ13 เป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบ สีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีน้ำเงิน (2.5 B 7/2 Light Blue) เมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 20 ทุกสูตรส่วนผสมเป็นอัตราส่วนเหมาะสมที่สามารถให้สีในเคลือบ สีที่ปรากฏในเคลือบเป็นสีน้ำเงิน (2.5 B 7/2 Light Blue), (2.5 B 5/4 Blue) สีที่ได้มีความคงทนของสีสามารถรักษาเฉดสีเดิมที่ปรากฏในเคลือบได้ เมื่อทำการเผาซ้ำครั้งที่สองในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200° C

ตอนที่ 3 คัดเลือกสีสำเร็จรูปที่ดีที่สุดที่ได้จากข้อ 1 และข้อ 2 มาทดลองใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ผลปรากฏว่าสีสำเร็จรูปจากการใช้ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ผสมกับ ทรายแม่น้ำ, ดินแดง, อะลูมินาออกไซด์ และออกไซด์ให้สี เช่น เฟอร์ริกออกไซด์, โครมมิกออกไซด์ แลโคบอลต์ออกไซด์ โดยการหาอัตราส่วนผสมจากตารางสี่เหลี่ยม เมื่อนำสีสำเร็จรูปมาใช้เป็นสีในเคลือบให้กับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาสามารถให้สีเคลือบได้ และสีที่ได้นั้นจะเป็นสีตามลักษณะของออกไซด์ที่มีอยู่ในตัวสีสำเร็จรูป ได้แก่ สีสำเร็จรูปที่ได้จากการใช้ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ผสมกับ ทรายแม่น้ำ, ดินแดง และอะลูมินาออกไซด์ สีที่ได้จะออกมาเป็นสีน้ำตาลซึ่งสีน้ำตาลนี้จะเป็นสีที่ได้รับจากเฟอร์ริกออกไซด์จากขี้เถ้าถ่านหิน เมื่อทำการเพิ่มออกไซด์ให้สีในสูตรส่วนผสมของสีสำเร็จรูป สีของเคลือบที่ได้จะออกมาตามอิทธิพลของออกไซด์ให้สีนั้น ๆ ได้แก่ เฟอร์ริกออกไซด์เฉดสีที่ปรากฏในเคลือบหลังเผาจะออกมาเป็นสีน้ำตาล (Yellowish) , โครมมิกออกไซด์เฉดสีที่ปรากฏในเคลือบหลังเผา จะออกมาเป็นสีโทนน้ำตาลอ่อน (Yellowish) ไปจนถึงน้ำตาลแก่ (Gray) และโคบอลต์ออกไซด์ เฉดสีที่ปรากฏในเคลือบหลังเผาเป็นสีน้ำเงิน และสีที่ได้ทำการทดลองนั้นยังมีต้นทุนในการผลิตต่ำมากเมื่อเทียบกับราคาของสีสำเร็จรูปที่ขายในท้องตลาด

ตาราง 25 แสดงตัวอย่างของราคาสีสำเร็จรูปที่มีส่วนผสมของ เฟอร์ริกออกไซด์, โครมมิกออกไซด์ และโคบอลต์ออกไซด์

รหัสสินค้า	สี	องค์ประกอบ	ราคา (¼ Kg.) บาท
162771	เขียวนกยูง	$Cr_2O_3.CoO.Al_2O_3$	440
162789	เขียว	$Cr_2O_3.CoO.Al_2O_3$	415
163050	น้ำเงินแก่	$Cr_2O_3.CoO.Al_2O_3.ZnO$	520
163160	น้ำเงินโคบอลต์	$CoO.SiO_2$	600
163240	น้ำเงิน	$CoO.Al_2O_3.ZnO$	395
161139	เหลือง	$Cr_2O_3.Fe_2O_3.ZnO$	145
161149	เหลืองน้ำตาล	$Cr_2O_3.TiO.SbO$	205
161150	น้ำตาลเหลือง	$Cr_2O_3.Fe_2O_3.ZnO$	105
162519	เขียวโครม	$Cr_2O_3.Al_2O_3.SiO_2$	165

ตาราง 25 (ต่อ)

รหัสสินค้า	สี	องค์ประกอบ	ราคา (¼ Kg.) บาท
166109	ดำ	$Cr_2O_3.Fe_2O_3$	250
166110	ดำ	Cr_2O_3. Fe_2O_3 .CoO.NiO_2.	425
160220	ปะการัง	ZrO.SiO_2.Fe_2O_3	175
161139	เหลือง	Cr_2O_3.TiO. SbO	145

ตาราง 26 แสดงตัวอย่างของราคาวัตถุดิบส่วนผสมสูงสุดของสีสำเร็จรูปที่ทดลอง

สี	องค์ประกอบ	ราคา (¼ Kg.) บาท
น้ำตาลอ่อน	ขี้ถ้าถ่านหินลิกไนต์ + ทรายแม่น้ำ + ดินแดง + อะลูมินาออกไซด์	8.75
น้ำตาล - น้ำตาลแก่	ขี้ถ้าถ่านหินลิกไนต์ + ทรายแม่น้ำ + ดินแดง + อะลูมินาออกไซด์ + เฟอร์ริกออกไซด์	13.25
น้ำตาล – น้ำตาลแก่	ขี้ถ้าถ่านหินลิกไนต์ + ทรายแม่น้ำ + ดินแดง + อะลูมินาออกไซด์ + โครมมิกออกไซด์	53.75

อภิปรายผลการวิจัย

ในการอภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยอภิปรายผลเรียงตามลำดับเป็น 3 ขั้นตอน และผลการทดลองในแต่ละขั้นตอนสามารถอภิปรายผลการทดลองดังแสดงในรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองหาอัตราส่วนเหมาะสมที่ส่งผลต่อลักษณะเคลือบหลังเผาจากการใช้ ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ผสมกับอะลูมินาออกไซด์, ทรายแม่น้ำและดินแดง ด้วยการหาอัตราส่วนผสมจากการใช้ตารางสี่เหลี่ยม

จากผลการทดลองการหาอัตราส่วนเหมาะสมที่ส่งผลต่อลักษณะเคลือบหลังเผาจากการใช้ ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ผสมกับอะลูมินาออกไซด์, ทรายแม่น้ำและดินแดง ด้วยการหาอัตราส่วนผสมจากการใช้ตารางสี่เหลี่ยม สรุปได้ว่าสีสำเร็จรูปที่ได้สามารถให้สีในเคลือบได้เมื่อใช้ในปริมาณร้อยละ 20 ซึ่งเป็นปริมาณที่ความเข้มข้นของตัวให้สีซึ่งได้แก่เฟอร์ริกออกไซด์ที่มีอยู่ในขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ ในสีสำเร็จรูปมีมากพอที่จะทำให้เกิดสีในเคลือบ และสีที่ได้เป็นสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการอภิปรายผล ดังนี้ เมื่อทำการผสมสีสำเร็จรูปลงไปในเคลือบในปริมาณร้อยละ 5 และ 10 สีที่ได้ออกมาเป็นสีที่อ่อนมาก ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาแคลไซน์สีสำเร็จรูป 1,050 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิในการเผาเคลือบ 1,200 องศาเซลเซียส สีสำเร็จรูปที่ได้จึงไม่ทนต่ออุณภูมิสูง และอาจจะเป็นเพราะว่าความเข้มข้นของตัวให้สีมีไม่พอที่จะทำให้เกิดสีในเคลือบได้ ซึ่ง โกมล รักษ์วงศ์ (2531. หน้า 6) กล่าวว่า สีสำเร็จรูปที่ใช้จะต้องทนความร้อนได้สูง ไม่ต่ำกว่าจุดหลอมลำลายของน้ำเคลือบ และสอดคล้องกับคำกล่าวของ ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์ (2546. หน้า 97) ที่กล่าวว่า อุณหภูมิในการเผาสังเคราะห์สีสำเร็จรูปอยู่ที่ 700 ถึง 1,400 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเดียวกันกับอุณหภูมิการนำสีสำเร็จรูปไปใช้ แต่เพื่อให้ได้ผลดีควรเผาแคลไซน์สีสำเร็จรูปที่อุณหภูมิสูงกว่า และเมื่อใช้ในปริมาณ 20% เฉดสีของสีเคลือบที่ได้หลังเผานั้นจะออกสีเป็นสีเหลืองฟาง ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าในขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์นั้นมีส่วนประกอบของ เฟอรร์ริกออกไซด์ในปริมาณที่สามารถทำให้เกิดสีในเคลือบได้ ซึ่งโดยทั่วไปเฟอรร์ริกออกไซด์จะให้สีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงสีน้ำตาลแก่ และขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ยังมีปริมาณของแคลเซียมที่สูงซึ่งแคลเซียมจะทำหน้าที่คล้ายเป็นตัวฟอกสีเฟอร์ริกให้จางลงเป็นสีเหลืองฟาง ซึ่ง **ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2539. หน้า 286) กล่าวว่า สีของเฟอร์ริกออกไซด์ในเนื้อผลิตภัณฑ์ยังเปลี่ยนแปลงไปตามส่วนผสมของเนื้อผลิตภัณฑ์ คือ ในเนื้อผลิตภัณฑ์ถ้ามี อะลูมินาออกไซด์ มากกว่า เฟอร์ริกออกไซด์ สามเท่า หรือมี แคลเซียมออกไซด์ และแมงกานีสออกไซด์ มากกว่า 1% จะฟอกสีเฟอร์ริกออกไซด์ให้จางลงกลายเป็นสีฟาง และสอดคล้องกับ ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. (2546. หน้า 84) ที่กล่าวว่า เฟอร์ริกออกไซด์เมื่อผสมในผลิตภัณฑ์ที่มีแคลเซียมสูงจะให้สีเหลืองสีฟาง**

ความคงทนของสีเมื่อผสมผสมสีลงไปในเคลือบในปริมาณ 20% ความคงทนของสีที่ทำการทดสอบโดยการเผาเคลือบครั้งที่หนึ่ง และทำการเผาซ้ำครั้งที่สองในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าเมื่อทำการเผาแผ่นทดสอบเคลือบ สีของเคลือบไม่เปลี่ยน แต่เมื่อนำมาใช้ทดสอบกับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่เป็นลักษณะของซามเล็ก ปรากฏว่าสีของเคลือบเปลี่ยนไปจากเดิมเมื่อ เทียบกับแผ่นทดสอบเคลือบ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าอิทธิพลของความร้อนที่ทำต่อเฟอร์ริกออกไซด์ คือ ความร้อนจะมีอิทธิพลทำให้เฟอร์ริกเปลี่ยนแปลงไปตามส่วนประกอบของเนื้อแก้วในเคลือบ ซึ่ง ปรีดา พิมพ์ชาวชำ. (2547. หน้า 371) กล่าวว่า ปกติของซิลิเกตเหลวที่มีเหล็กปนอยู่เล็กน้อยจะมีสีเขียวอมฟ้า เป็นเพราะผลร่วมกันระหว่าง Fe^{2+} และ Fe^{3+} ผลของออกซิเดชันของเหล็กอยู่ภายใต้อิทธิพลของอุณหภูมิ สภาวะสมดุลจะค่อย ๆ เปลี่ยนไปทาง Fe^{2+} ในขณะที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,000 C° สีของแก้วยังเปลี่ยนไปตามส่วนประกอบของแก้ว แก้วที่มีเหล็กปริมาณเล็กน้อยสามารถมีเงาสีเปลี่ยนไปได้มากมาย จึงเป็นการยุ่งยากในการที่จะควบคุม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จินดา เข็มประสิทธิ์ (2536) ทำการวิจัยเรื่องการเตรียมสีเขียนเซรามิกส์จากแร่บางชนิด ที่กล่าวว่า แร่ที่นำมาใช้แทนสารเคมีที่ใช้อยู่นั้นสามารถใช้แทนได้ดีถ้าแร่ชนิดนั้นมีปริมาณของธาตุที่ให้สีสูงพอควร และ รวีวรรณ จันทร์จริยากุล (2530) ทำการวิจัยเรื่องน้ำเคลือบเถ้าเบาสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา กล่าวว่า น้ำเคลือบที่ประกอบด้วยเถ้าเบา 70 – 100% ให้เคลือบด้าน สีเคลือบเป็นสีน้ำตาลแกมเหลือง ผิวเรียบ แต่สีไม่สม่ำเสมอ น้ำเคลือบที่ประกอบด้วยเถ้าเบา 20 – 60% ให้เคลือบสีน้ำตาลเข้มจนถึงน้ำตาลดำ

ตอนที่ 2 ทำการทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมมาทดลองผสมสีโดยการเพิ่มออกไซด์ให้สีอื่น ๆ เช่น เฟอริกออกไซด์, โครมมิกออกไซด์ และโคบอลออกไซด์

จากการทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมมาทดลองผสมสีโดยการเพิ่มออกไซด์ให้สีอื่น ๆ ได้แก่ เฟอริกออกไซด์, โครมมิกออกไซด์และโคบอลออกไซด์ สรุปได้ว่าการเพิ่มออกไซด์ให้สีในส่วนผสมของสีสำเร็จรูปสามารถเพิ่มเฉดสีและเพิ่มโทนสีให้กับเคลือบหลังเผาได้ จากที่ไม่มีการเพิ่มออกไซด์ให้สีในส่วนผสมของสีสำเร็จรูป สีของเคลือบหลังเผาจะออกมาเป็นสีเหลืองฟาง และเมื่อเพิ่มออกไซด์ให้สีในส่วนผสมของสีสำเร็จรูปสีเคลือบหลังเผาจะออกมาตามออกไซด์ให้สีที่ใช้นั้น **เช่น สีน้ำตาลอ่อน หรือสีเหลืองฟาง ได้จากการเพิ่มเฟอร์ริกออกไซด์ในส่วนผสมของสีสำเร็จรูป และสีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลเข้ม ได้จากการผสมโครมมิกออกไซด์ในส่วนผสมของสีสำเร็จรูป และสีน้ำเงิน ได้จากการเพิ่มโคบอลต์ออกไซด์ในส่วนผสมของสีสำเร็จรูป ซึ่งผู้วิจัยอภิปรายผลเรียงลำดับ ดังต่อไปนี้**

1. จากการใช้เฟอร์ริกออกไซด์ผสมลงในส่วนผสม จากการทดลองผลปรากฏว่า

เมื่อทำการทดลองผสมเฟอร์ริกออกไซด์ลงไปในส่วนผสมในการทำสีนั้นเป็นการเติมออกไซด์ที่ให้สีในโทนสีน้ำตาลเนื่องจากเฟอร์ริกออกไซด์จะให้สีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงน้ำตาลแดง และในขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์นั้นยังมีส่วนประกอบของเฟอรร์ริกออกไซด์ในปริมาณที่สามารถทำให้เกิดสีในเคลือบ จึงทำให้สีของเคลือบที่ได้นั้นออกมาในโทนสีน้ำตาลอ่อน หรือสีฟาง และขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ยังมีปริมาณของแคลเซียมที่สูงซึ่งแคลเซียมจะทำหน้าที่คล้ายเป็นตัวฟอกสีเฟอร์ริกให้จางลงเป็นสีเหลืองฟาง ซึ่ง โกมล รักษ์วงศ์ (2531. หน้า 38) กล่าวว่า เฟอร์ริกออกไซด์ปกติทั่ว ๆ ไป เป็นสารที่ให้สีน้ำตาล แต่ก็สามารถทำสีอื่น ๆ ได้ เช่น สีเหลือง สีแดง สีดำ ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ เคมีภัณฑ์ เข้ามาผสมและอุณหภูมิที่ทำการเผาแคลไซน์ส่วนผสมของสี ซึ่งสอดคล้องกับ ทรงพันธ์ วรรณมาศ (มปป. หน้า60) ที่กล่าวว่า เคลือบใสอันมีส่วนผสมของตะกั่วกับเฟอร์ริกออกไซด์ ซึ่งใช้ออกไซด์ ตั้งแต่ 3 – 7 % จะได้เคลือบตั้งแต่สีเหลืองแบบตอฟางข้าว, น้ำตาล, เหลืองอำพัน, จนกระทั่งสีน้ำตาลเข้ม และปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2539. หน้า 262) ที่กล่าวว่า ผลของสารประกอบของเฟอร์ริกออกไซด์เมื่อใส่ลงในเคลือบก็คือการทำให้เคลือบมีสีเหล็กทำให้เคลือบมีสีได้หลายสีซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่น ๆ ในเคลือบด้วย สารประกอบของเฟอร์ริกออกไซด์มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำให้เกิดสีเขียว สีเหลือง สีแดง สีฟ้า สีน้ำตาล หรือสีดำ ซึ่งขึ้นกับส่วนประกอบของเคลือบ ความเข้มข้นของเหล็กและสภาวะของออกซิเดชันหรือรีดักชัน และ ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์ (2538. หน้า 155) ที่กล่าวว่า เฟอรร์ริกออกไซด์ถูกนำมาใช้เป็นสารให้สีเนื้อจนถึงสีน้ำตาลทั้งในน้ำเคลือบ และเนื้อดิน ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์ (2546. หน้า 24) ที่กล่าวว่า เฟอร์ริกออกไซด์ 2 % เมื่อเผาในบรรยากาศ รีดักชัน จะให้สีเขียวเซลาดอน ถ้านำไปใช้ในปริมาณ 10 – 15 % จะให้สีน้ำตาลอมดำ สีดำ และสีสนิมเหล็กแดง ในเคลือบอุณหภูมิสูง ถ้าเคลือบมีซิงค์ ไทเทเนียม และเหล็ก จะได้เคลือบสีส้มเหลือง ถึงสีเนื้อ แต่ถ้าในเคลือบมีดีบุกและเหล็กรวมกันจะได้สีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีกาแฟ เฟอร์ริกออกไซด์ใช้เตรียมสีสำเร็จรูปสีชมพูอมน้ำตาล สีชมพูอมส้ม ไปจนถึงสีน้ำตาลแดงและสีน้ำตาลเข้ม และปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2539. หน้า 286) ที่กล่าวว่า สีของเฟอร์ริกออกไซด์ในเนื้อผลิตภัณฑ์ยังเปลี่ยนแปลงไปตามส่วนผสมของเนื้อผลิตภัณฑ์ คือ ในเนื้อผลิตภัณฑ์ถ้ามี อะลูมินาออกไซด์มากกว่า เฟอร์ริกออกไซด์ สามเท่า หรือมีแคลเซียมออกไซด์ และแมงกานีสออกไซด์ มากกว่า 1% มันจะฟอกสีเฟอร์ริกออกไซด์ให้จางลงกลายเป็นสีฟาง และสอดคล้องกับ ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. (2546. หน้า 84) ที่กล่าวว่า เฟอร์ริกออกไซด์เมื่อผสมในผลิตภัณฑ์ที่มีแคลเซียมสูงจะให้สีเหลืองสีฟาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเทียนชัย วงศ์สุฤทธิ์ (2531) ทำการวิจัยเรื่อง การใช้แร่เป็นตัวให้สีในน้ำเคลือบผลิตภัณฑ์สโตนแวร์

ที่กล่าวว่า แร่อิลเมไนต์มีเหล็กออกไซด์ 43.9 % แร่ไพไรต์มีเหล็กออกไซต์ 46.6 % แร่ไพโรลูไซต์มีมังกานีสไดออกไซด์ 67.4 % แร่ดีบุกมีทินออกไซด์ 98.9 % แร่โครไมต์มีโครมิคออกไซด์ 48.8 % แร่ทองแดงมีทองแดงออกไซด์ 12.8 % แร่วุลแฟรมไมต์มีทังสเตนออกไซด์ 68.1 % และซีไรต์ มีทังสเตนออกไซด์ 75.8 % เมื่อนำแร่มาใช้เป็นสารให้สีในเคลือบเซรามิกส์ แร่อิลเมไนต์ให้สีน้ำตาลปนเหลือง แร่ไพไรต์ให้สีน้ำตาลแดง แร่ไพโรลูไซต์ให้สีน้ำตาลแก่เมื่อเผาในบรรยากาศออกซิเดชันและในบรรยากาศรีดักชัน 1,250 องศาเซลเซียส แร่ไพโรลูไซต์ให้สีน้ำตาลแก่

2. จากการใช้โครมมิกออกไซด์ผสมลงในส่วนผสม จากการทดลองผลปรากฏว่า

เมื่อทำการทดลองผสมโครมมิกออกไซด์ลงไปในส่วนผสมในการทำสีนั้นสีที่ได้ออกมาจะเป็นสีที่ให้สีในโทนสีเหลืองอมเขียว สีน้ำตาลอ่อน และสีน้ำตาลแก่ ซึ่งปกติโครมมิกออกไซด์เป็นออกไซด์ที่ให้สีเขียว แต่เมื่อนำมาเพิ่มในส่วนผสมของสีสำเร็จรูปที่ใช้เป็นสีในเคลือบสีของเคลือบที่ได้เป็นสีน้ำตาลอ่อน และสีน้ำตาลแก่ แทนที่จะเป็นสีเขียวตามคุณสมบัติในการให้สีของโครมมิกที่ให้สีเขียวเป็นหลัก ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่า โครมมิกออกไซด์จะเป็นออกไซด์ที่ให้สีเขียวเมื่อนำโครมมิกออกไซด์ในปริมาณเล็กน้อยมาผสมในส่วนผสมของสีที่มีปริมาณของเฟอร์ริกออกไซด์ สีที่ได้จึงเป็นสีในโทนสีเหลืองอมเขียว และน้ำตาล และในส่วนประกอบทางเคมีของขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์มีปริมาณของ แมกนีเซียม และแคลเซียมในปริมาณมาก จึงมีผลต่อโครมมิกออกไซด์ และส่วนน้ำเคลือบที่ใช้เป็นน้ำเคลือบที่มีส่วนผสมของแบเรียมออกไซด์อยู่ด้วยจึงทำให้สีของโครมมิกออกไซด์เกิดเป็นสีเหลืองอมเขียว ซึ่ง โกมล รักษ์วงศ์ (2531. หน้า 14) กล่าวว่า โครเมียมออกไซด์ใช้ทำสีสำเร็จรูป ได้ดีทั้งสีในเคลือบ สีบนเคลือบ และสีใต้เคลือบ การใช้โครมมิกออกไซด์ทำสีสำเร็จรูปสามารถให้สีหลายสีขึ้นอยู่กับการใช้วัตถุดิบอื่น ๆ ผสมเข้าไป เช่น สีเขียว สีน้ำตาล สีดำ ซึ่งสอดคล้องกับ ทรงพันธ์ วรรณมาศ. (มปป. หน้า 33) ที่กล่าวว่า โครเมียมออกไซด์ ได้มาจากธาตุโครไมท์ (chromite) ($Fe_2 .Cr_2 .O_4$) ใช้ในเคลือบเป็นตัวทำให้เกิดสี และสามารถใช้ในการทำผงสีสำเร็จรูปได้ โครเมียมออกไซด์เป็นสีที่มีความเปลี่ยนแปลงมากที่สุด โครเมียมออกไซด์ทำปฏิกิริยาต่าง ๆ กัน ทั้งเงื่อนไขของการเผาและชนิดของเคลือบ ถ้าหากโครเมียมออกไซด์ผสมในเคลือบที่มี ซิงค์ และตะกั่ว สีที่ได้จะได้เป็นสีเขียวเข้ม หรือสีน้ำตาล แต่ถ้าหากว่าอุณหภูมิในการเผาเป็นอุณหภูมิต่ำและเคลือบเป็นเคลือบตะกั่ว หรือมีส่วนผสมของอะลูมิน่า สีที่ได้จะเป็นสีส้มแดงสุกใสหากใช้โครเมียมออกไซด์ กับวัตถุดิบบางตัวที่แตกต่างกันก็จะได้สีที่แตกต่างกัน คือ Cr_2O3_2 เป็นเม็ดสีที่มีความไวมากในกรณีที่มี ZnO, MgO อยู่ในเคลือบจะให้สีน้ำตาล และ ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์ (2546. หน้า 12) ที่กล่าวว่า โครมมิกออกไซด์เมื่อทำปฏิกิริยากับด่างในเคลือบ (แบเรียมออกไซด์) จะให้สีเหลืองอมเขียว ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน

3. จากการใช้โคบอลต์ออกไซด์ผสมลงในส่วนผสม จากการทดลองผลปรากฏว่า

เมื่อทำการทดลองผสมโคบอลต์ออกไซด์ลงไปในส่วนผสมในการทำสีสำเร็จรูปสีของเคลือบที่ได้ออกมาจะออกสีเป็นสีโทนสีฟ้า และน้ำเงิน ตามปริมาณความเข้มข้นของโคบอลต์ที่มีอยู่ในส่วนผสมของสีสำเร็จรูป ซึ่งโคบอลต์ออกไซด์เป็นสารให้สีที่รุนแรงมาก ถึงจะมีเฟอร์ริกที่มีอยู่ในส่วน ประกอบของขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ ก็ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโทนสีของโคบอลต์ที่เป็นสีน้ำเงินได้ ซึ่ง โกมล รักษ์วงศ์ (2531 หน้า 28) กล่าวว่า โคบอลต์ออกไซด์เป็นสารประกอบที่ให้สีน้ำเงิน เป็นสารที่มีคุณสมบัติซึ่งให้สีเข้มข้นแรง (Stong colouring agent) ไม่ว่าจะใช้ผสมในเนื้อดินปั้น หรือในเคลือบ จะให้สีดีสามารถให้สีได้ในเคลือบทุกชนิดและทุกอุณหภูมิ ซึ่งสอดคล้องกับ ทรงพันธ์ วรรณมาศ. (มปป. หน้า 38) ที่กล่าวว่า โคบอลต์ออกไซด์ เป็นตัวสำคัญทำให้เกิดสีน้ำเงิน มักใช้ฟริต กับ อะลูมินาออกไซด์ และหินปูน หรือตะกั่ว เพื่อลดอุณหภูมิในการเผาเคลือบ สีใต้เคลือบหากใช้โคบอลต์จำนวนเล็กน้อยเป็นส่วนประกอบของ MgO_2, SiO และ B_2O_3 จะสามารถผลิตเป็นสีต่าง ๆ ได้ โคบอลต์ออกไซด์เป็นตัวที่ให้สีรุนแรงและคงทนที่สุด ปกติยังเป็นตัวที่ให้สีน้ำเงินแท้ ๆ หรือน้ำเงินม่วง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการเผามากที่สุดเช่นเดียวกับไอรอนและคอปเปอร์ออไซด์ และ ปุญญรัตน์ พิชญไพบูลย์ (2538 หน้า 141) ที่กล่าวว่า โคบอลต์ออกไซด์ เป็นผงสีดำใช้เป็นสารหลักที่ให้สีฟ้า หรือน้ำเงิน โคบอลต์ออกไซด์เป็นสารให้สีที่เข้มข้นมาก ดังนั้นหากต้องการผลิตสีฟ้าอ่อนในเนื้อเคลือบ ช่างปั้นนิยมใช้โคบอลต์คาร์บอเนตแทน หรืออาจนำโคบอลต์ออกไซด์ไปทำเป็นฟริตร่วมกับอะลูมินาออกไซด์และหินปูน หรือทำเป็นฟริตร่วมกับตะกั่วสำหรับใช้เตรียมเคลือบไฟต่ำ ด้วยวิธีนี้จึงได้สีสำเร็จรูปสีฟ้าที่หลากหลายขึ้น และทำให้สามารถเผาในช่วงอุณภูมิที่กว้างขึ้น และ ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์ (2546 หน้า 22) ที่กล่าวว่า โคบอลต์ออกไซด์ เป็นวัตถุดิบให้สีฟ้าหรือสีน้ำเงินในเซรามิกส์และแก้ว เป็นสารให้สีที่มีความรุนแรงมากที่สุด ใช้ในปริมาณเล็กน้อย 0.2 – 0.5 % ได้สีฟ้า 1 – 2 % ให้สีน้ำเงิน โดยที่สีไม่เปลี่ยนแปลงในการเผาทั้งบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน แต่ในบรรยากาศรีดักชันสีน้ำเงินจะเข้ม และสดใสมากขึ้น และ อายุวัฒน์ สว่างผล (2543 หน้า 226) ที่กล่าวว่า ในการใช้โคบอลต์ออกไซด์ เพื่อเป็นวัตถุดิบผลิตสีสำเร็จรูป จะใช้ระหว่าง 0.025 – 0.01 โมลสมมูลย์ โดยมีองค์ประกอบอื่นที่ช่วย**เสริมให้สีน้ำเงินเข้มมากขึ้น**

ความคงทนของสี ความคงทนของสีเคลือบเมื่อทดลองโดยการเผาซ้ำครั้งที่สองในอุณหภูมิเดิมที่ 1,200 องศาเซลเซียส สีเคลือบที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงสีของเคลือบยังไม่เลือน หรือ จางลงไป แต่เมื่อนำมาทดลองใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่เป็นลักษณะของขามเล็ก ปรากฏว่าสีของผิวเคลือบเปลี่ยนไปจากเดิมเมื่อเทียบกับแผ่นทดสอบเคลือบ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าอิทธิพลของ

ความร้อนที่ทำต่อเฟอร์ริกออกไซด์ คือ ความร้อนจะมีอิทธิพลทำให้เฟอร์ริกเปลี่ยนแปลงไปตามส่วนประกอบของเนื้อแก้วในเคลือบ ซึ่ง ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2547. หน้า 371) กล่าวว่าปกติของซิลิเกตเหลวที่มีเหล็กปนอยู่เล็กน้อยจะมีสีเขียวอมฟ้า เป็นเพราะผลร่วมกันระหว่าง Fe^{2+} และ Fe^{3+} ผลของออกซิเดชันของเหล็กอยู่ภายใต้อิทธิพลของอุณหภูมิ สภาวะสมดุลจะค่อย ๆ เปลี่ยนไปทาง Fe^{2+} ในขณะที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,000 C° สีของแก้วยังเปลี่ยนไปตามส่วนประกอบของแก้ว แก้วที่มีเหล็กปริมาณเล็กน้อยสามารถมีเงาสีเปลี่ยนไปได้มากมาย จึงเป็นการยุ่งยากในการที่จะควบคุมและอาจจะเนื่องด้วยการเผาแคลไซน์ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิในการเผาเคลือบซึ่งจะทำให้สีเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ซึ่ง ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. (2546. หน้า 130) กล่าวว่า สีที่เผาสังเคราะห์ในอุณหภูมิต่ำกว่าเคลือบ ไม่ควรนำมาผสมในเคลือบที่เผาอุณหภูมิสูงเกินกว่าสี เพราะสีจะเปลี่ยนแปลงได้ง่ายในอุณหภูมิสูง

ตอนที่ 3 คัดเลือกสีสำเร็จรูปที่ดีที่สุดที่ได้จากข้อ 1 และข้อ 2 มาทดลองใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา จากผลการทดลอง สีที่นำมาใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาสามารถให้สีในเคลือบแก่ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาได้ สีเคลือบของผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจจะไม่ตรงกับสีเคลือบของแผ่นทดสอบสี แต่ก็เป็นสีที่แปลง และสวยงามแตกต่างกันออกไป และสีที่ได้ทำการคัดเลือกได้แก่สีน้ำตาลอ่อนจากการใช้ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์, เฟอร์ริกออกไซด์ และโครมมิกออกไซด์เป็นส่วนผสมในการผลิตสี สีน้ำตาลแก่ ได้จากการใช้โครมมิกออกไซด์ เป็นส่วนผสมในการผลิตสี ซึ่ง โกมล รักษ์วงศ์ (2531. หน้า 38) กล่าวว่า เฟอร์ริกออกไซด์ปกติทั่ว ๆ ไป เป็นสารที่ให้สีน้ำตาล และสอดคล้องกับทรงพันธ์ วรรณมาศ (ม.ป.ป. หน้า60) ที่กล่าวว่า เคลือบใสอันมีส่วนผสมของเฟอร์ริกออกไซด์ ซึ่งใช้ออกไซด์ ตั้งแต่ 3 – 7 % จะได้เคลือบตั้งแต่สีเหลืองแบบตอฟางข้าว, น้ำตาล, เหลืองอำพัน, จนกระทั่งสีน้ำตาลเข้ม และปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2539. หน้า 262) ที่กล่าวว่า สารประกอบของเฟอร์ริกออกไซด์มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำให้เกิดสีเขียว, สีเหลือง, สีแดง, สีฟ้า, สีน้ำตาล หรือสีดำ และ ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์ (2546. หน้า 24) ที่กล่าวว่า เฟอร์ริกออกไซด์ใช้เตรียมสีสำเร็จรูปสีชมพูอมน้ำตาล, สีชมพูอมส้ม ไปจนถึงสีน้ำตาลแดงและสีน้ำตาลเข้ม และ โกมล รักษ์วงศ์ (2531. หน้า 14) กล่าวว่า โครเมียมออกไซด์ ใช้ทำสีสำเร็จรูป ได้ดีทั้งสีในเคลือบ สีบนเคลือบ และสีใต้เคลือบ การใช้โครมมิกออกไซด์ทำสีสำเร็จรูปสามารถให้สีหลายสีขึ้นอยู่กับการใช้วัตถุดิบอื่น ๆ ผสมเข้าไป เช่น สีเขียว สีน้ำตาล สีดำ ซึ่งสอดคล้องกับ ทรงพันธ์ วรรณมาศ. (ม.ป.ป. หน้า 33) ที่กล่าวว่า โครเมียมออกไซด์ ได้มาจาก ธาตุโครไมท์ (chromite) ($Fe_2 .Cr_2 .O_4$) ใช้ในเคลือบเป็นตัวทำให้เกิดสี ถ้าหากโครเมียมออกไซด์ผสมในเคลือบที่มี ซิงค์ และตะกั่ว สีที่ได้

จะได้เป็นสีเขียวเข้ม หรือสีน้ำตาล และสีฟ้า, สีน้ำเงิน จากการใช้โคบอลต์ออกไซด์ เป็นส่วนผสมของสีสำเร็จรูป ซึ่งสีเคลือบของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามออกไซด์ที่มีอยู่ในส่วนผสมของสีสำเร็จรูป

และเมื่อใช้โคบอลต์ออกไซด์เพิ่มในส่วนผสมของสีสำเร็จรูปสีเคลือบของผลิตภัณฑ์เป็นสีฟ้า สีน้ำเงิน ซึ่ง โกมล รักษ์วงศ์ (2531 หน้า 28) กล่าวว่า โคบอลต์ออกไซด์เป็นสารประกอบที่ให้สีน้ำเงิน เป็นสารที่มีคุณสมบัติซึ่งให้สีเข้มข้นแรง (Stong colouring agent) ไม่ว่าจะใช้ผสมในเนื้อดินปั้นหรือในเคลือบ และสอดคล้องกับ ทรงพันธ์ วรรณมาศ. (ม.ป.ป. หน้า 38) ที่กล่าวว่า โคบอลต์ออกไซด์ เป็นตัวสำคัญทำให้เกิดสีน้ำเงิน เป็นตัวที่ให้สีรุนแรงและคงทนที่สุด ปกติยังเป็นตัวที่ให้สีน้ำเงินแท้ ๆ หรือน้ำเงินม่วง และ ปุญญรัตน์ พิชญไพบูลย์ (2538 หน้า 141) ที่กล่าวว่า โคบอลต์ออกไซด์ เป็นผงสีดำใช้เป็นสารหลักที่ให้สีฟ้า หรือน้ำเงิน และ ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์ (2546 หน้า 22) ที่กล่าวว่า โคบอลต์ออกไซด์ เป็นวัตถุดิบให้สีฟ้าหรือสีน้ำเงินในเซรามิกส์และแก้ว เป็นสารให้สีที่มีความรุนแรงมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การนำผลการทดลองไปใช้ในการผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาโดยใช้สีสำเร็จรูปจากการใช้ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ผสมกับวัตถุดิบต่าง ๆ และสารออกไซด์ให้สี ควรมีการทดลองอีกครั้ง เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้อาจมีคุณสมบัติไม่เหมือนกับวัตถุดิบตัวเดิมจากที่ผู้วิจัยใช้ทดลอง ถึงแม้จะมาจากแหล่งเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ผลที่ได้ไม่ตรงตามที่ต้องการ

1.2 ภายหลังการเผาแคลไซน์สีสำเร็จรูป ถ้าวัตถุดิบจับตัวกันเป็นก้อนแข็งมากให้บดด้วยจอร์คัตเซอร์ ให้แตกละเอียดก่อนนำมาบดด้วยโกร่งบดหรือหม้อบด

1.3 ภาชนะที่ใช้ในการบรรจุวัตถุดิบที่จะนำมาแคลไซน์ควรมีฝาปิดเพื่อสำหรับเป็นการป้องกันไอระเหยของออกไซด์

1.4 สีของเคลือบหลังเผาจากการใช้สีสำเร็จรูปผสมในเคลือบ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นสีที่อ่อนมากซึ่งอาจจะเกิดจากการเผาแคลไซน์ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่เผาเคลือบ ดังนั้นควรเผาแคลไซน์สีสำเร็จรูปในอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่เผาเคลือบ

1.5 ในการวิเคราะห์เฉดสีด้วยแผ่นเทียบสีของมัลเซลผู้ที่ทำการวิเคราะห์ควรเป็นคนเพียงคนเดียว ไม่ควรใช้ผู้วิเคราะห์หลาย ๆ คน เนื่องจากคนแต่ละคนมีเกณฑ์ในการมองเห็นของความเข้มของสีที่แตกต่างกัน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาและพัฒนาการผลิตสีสำเร็จรูปจากขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์โดยผสมออกไซด์ให้สีในที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น สำหรับนำมาใช้เป็นสีในเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

2.2 ควรศึกษาและพัฒนาการผลิตสีสำเร็จรูปจากขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์เพื่อนำมาใช้เป็นสีสำเร็จรูปประเภทต่าง ๆ สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

2.3 ควรศึกษาผลวิเคราะห์ทางเคมีของสีสีสำเร็จรูปจากขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์เพื่อหาสารพิษที่อาจจะตกค้างเมื่อนำมาใช้สำหรับภาชนะบรรจุอาหาร

2.4 ควรศึกษาถึงช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ ในการเผาแคลไซน์สีสำเร็จรูปจากขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ ที่ส่งผลต่อสีเคลือบสำหรับนำมาใช้เป็นสีในเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

2.5 ควรศึกษาบรรยากาศในการเผาแคลไซน์สีสำเร็จรูป และเผาเคลือบ แบบรีดักชันที่ส่งผลต่อสีเคลือบสำหรับนำมาใช้เป็นสีในเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

2.6 ควรศึกษาถึงเนื้อดินเปิดหน้าเหมืองลิกไนต์เพื่อนำมาทดลองใช้เป็นสีสำเร็จรูปในลักษณะเดียวกันกับการใช้ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์

2.7 ควรศึกษาถึงขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ชนิดขี้เถ้าจมเพื่อนำมาทดลองใช้เป็นสีสำเร็จรูปในลักษณะเดียวกัน

2.8 ควรศึกษาถึงสีสำเร็จรูปจากขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ด้วยการคำนวณหาส่วนผสมในลักษณะต่าง ๆ เช่น การใช้ตารางสามเหลี่ยม