



การพัฒนาเคลือบดอกซากุระโดยใช้นิกเกิลออกไซด์เป็นสารให้สี Development of Sakura Glaze Using Nickel Oxide as a Coloring Agent

ธมลวัฒน์ หิรัญชาตอนันต์^{1*}

Tamonwat Hirunchart-a-nan^{1*}

สาขาวิชานวัตกรรมการผลิตและการออกแบบเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง¹

Division of Production Innovation and Ceramics Design, Faculty of Industrial Technology,

Lampang Rajabhat University¹

*Corresponding Author: tamonwat_hirunchartanan@hotmail.com

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
ประวัติบทความ: รับเพื่อพิจารณา: 30 เมษายน 2565 แก้ไข: 27 กรกฎาคม 2565 ตอบรับ: 9 สิงหาคม 2565	การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบที่สามารถหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส และพัฒนาอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบที่ก่อให้เกิดผลึกขนาดเล็กสีชมพู ใช้วัตถุดิบ 6 ชนิด ได้แก่ โพแทสเฟลด์สปาร์ แบเรียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนต ซิงค์ออกไซด์ ดินขาวลำปาง และซิลิกา คำนวณอัตราส่วนผสมด้วยทฤษฎีเซเกอร์จำนวน 16 อัตราส่วน แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองโดยเติมนิกเกิลออกไซด์ ร้อยละ 1.00 1.50 และ 2.00 โดยน้ำหนักผงแห้งทุกอัตราส่วนผสม ใช้เวลาบดด้วยเครื่องบดความเร็วสูง 10 นาที ความถี่เฉพาะ 1.50 เมทที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส ยืนไฟ 30 นาที เผาด้วยเตาไฟฟ้า บรรยากาศออกซิเดชัน ผลการวิจัยพบว่าตัวอย่างงานวิจัยทั้ง 16 อัตราส่วนผสมหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส และการเติมนิกเกิลออกไซด์สามารถก่อให้เกิดเคลือบดอกซากุระ
คำสำคัญ: การพัฒนา/เคลือบ/โลหะ/ นิกเกิลออกไซด์	

Article Info	Abstract
Article History: Received: April 30, 2022 Revised: July 27, 2022 Accepted: August 9, 2022	This research aimed to develop a mixture ratio of glazes capable of melting at 1220 °C and a mixture ratio of glazes to form small pink crystals. 6 types of raw materials were used, including Potash feldspar, Barium Carbonate, Magnesium Carbonate, Zinc Oxide, Kaolin Lampang, and Silica. The ratios were calculated by using the Seger theory of 16 ratios. The experiments were divided into 3 sub-experiments with the addition of 1.00, 1.50 and 2.00 percent nickel oxide by weight of dry powder at all ratios. It takes
Keywords: Development/Glaze/Metal/ Nickel oxide	



10 minutes to grind with a high-speed grinder, a specific gravity of 1.50, burn at 1220 degrees Celsius, stand on fire for 30 minutes, and fire with an electric kiln oxidation atmosphere. The results showed that for the 16 study samples, the mixture melted at 1220°C and the addition of nickel oxide could form the Sakura glaze.

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์เซรามิกเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นด้วยวัตถุดิบ 2 ประเภท ได้แก่ วัตถุดิบเนื้อดินประเภทต่าง ๆ และวัตถุดิบหิน แร่ รวมทั้งสารประกอบต่าง ๆ [1-2] ถูกนำมาผสมรวมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมให้อยู่ในสภาพของเนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวคงรูปเป็นก้อนกลมหรือเป็นรูปทรงต่าง ๆ ส่วนเนื้อดินหลอมมีลักษณะดินเหลว ไหลตัวคล้ายนมข้น เนื้อดินผงมีลักษณะเป็นผงฝุ่นมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 4-7 และสุดท้ายคือ น้ำเคลือบซึ่งมีสมบัติต่างจากเนื้อดินที่กล่าวมา เนื่องจากการนำเคลือบจะถูกเคลือบลงบนผิวของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการชุบ เท ราด พ่น หรือการสเปรย์เป็นละอองผ่านอู่โมลด์ น้ำเคลือบจะเคลือบติดกับผิวผลิตภัณฑ์เป็นชั้นบาง ๆ หนาประมาณ 1-1.5 มิลลิเมตร [3] การเคลือบลงบนผลิตภัณฑ์โดยปัจจัยที่ระบุความบางหรือหนาของชั้นเคลือบ ชนิดของเคลือบนั้น ๆ จะเป็นตัวกำหนด เช่น เคลือบสีที่ต้องการให้ชั้นเคลือบบางเพื่อเน้นโชว์ลายเส้น หรือเคลือบเทมโมกู่ที่ต้องการให้ชั้นเคลือบหนาเพื่อให้เกิดการรวมตัวของออกไซด์ที่เติมลงไป กลายสภาพเป็นหยดน้ำมัน เป็นต้น

น้ำเคลือบทุกชนิดต้องผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูงจึงจะเกิดความมันวาว กลายสภาพเป็นเนื้อแก้วติดอยู่บนผิวของผลิตภัณฑ์ หากต้องการสร้างความสวยงามให้กับผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบในกลุ่มโลหะทรานซิชันเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถรังสรรค์ให้เกิดสีต่าง ๆ แก้วเคลือบได้ เช่น วาเนเดียม (V) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 23 เป็นวัตถุดิบที่มีสมบัติเป็นสารก่อให้เกิดสีในน้ำยาเคลือบ ได้แก่ สีเหลือง สีเหลืองเขียว สีน้ำตาลแดง และสีเขียว สารประกอบกลุ่มวาเนเดียมที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย วาเนเดียมเพนตะออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ V_2O_5 โครเมียม (Cr) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 24 เป็นวัตถุดิบที่มีสมบัติเป็นสารให้สีเขียวเข้ม สารประกอบกลุ่มโครเมียมที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย โครเมียมออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ Cr_2O_3 แมงกานีส (Mn) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 25 วัตถุดิบชนิดนี้มีสมบัติเป็นตัวก่อให้เกิดเฉดสีน้ำตาลถึงสีดำ สารประกอบกลุ่มแมงกานีสที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย แมงกานีสไดออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ MnO_2 เหล็ก (Fe) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 26 เป็นวัตถุดิบที่มีสมบัติเป็นสารให้เฉดสีเหลือง แดง น้ำตาล ดำ และสีเขียว สารประกอบกลุ่มเหล็กที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย เพอร์ริกออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ Fe_2O_3 โคบอลต์ (Co) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 27 วัตถุดิบชนิดนี้มีสมบัติเป็นตัวก่อให้เกิดสีในน้ำยาเคลือบที่รุนแรง ได้แก่ สีน้ำเงิน สารประกอบกลุ่มโคบอลต์ที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย โคบอลต์คลอไรด์ สูตรทางเคมี คือ $CoCl$ และโคบอลต์ออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ CoO นิกเกิล (Ni) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 28 วัตถุดิบชนิดนี้มีสมบัติเป็นตัวก่อให้เกิดเฉดสีได้หลากหลายตั้งแต่สีเขียว สีน้ำเงิน สีน้ำตาล สีเทา สีม่วง สีชมพู และสีดำ สารประกอบกลุ่มนิกเกิลที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย นิกเกิลออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ NiO ทองแดง (Cu) ธาตุตามตารางธาตุลำดับที่ 29 วัตถุดิบชนิดนี้มีสมบัติเป็นตัวก่อให้เกิดสีในน้ำยาเคลือบ ได้แก่ สีเขียว สีฟ้า และเฉดสีแดง สารประกอบกลุ่มคอปเปอร์ที่นิยมใช้ในงานเซรามิก ประกอบด้วย คอปเปอร์คาร์บอเนต สูตรทางเคมี คือ $CuCO_3$ และ คอปเปอร์ออกไซด์ สูตรทางเคมี คือ CuO [4] ด้วยสมบัติการให้



สีของโลหะทรานซิชันที่ได้กล่าวมาทำให้แนวทางการพัฒนาน้ำเคลือบเป็นไปได้อย่างหลากหลาย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้หิบบกประเด็นการเกิดสีของโลหะกลุ่มทรานซิชันบางชนิดที่สามารถก่อให้เกิดลักษณะพิเศษ หรือการตกผลึกขนาดเล็กที่กระจายตัวอยู่ทั่วบริเวณชิ้นงาน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาน้ำเคลือบที่มีการเกิดผลึกสีชมพูคล้ายการบานของดอกซากุระ โดยผู้วิจัยคาดการณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนผสมจากการปรับลดจำนวนโมลของอลูมินาและซิลิกา [5] จะส่งผลให้เกิดลักษณะของการเกิดผลึก ผนวกกับวัตถุดิบตระกูลซิงค์ออกไซด์ซึ่งมีส่วนช่วยทำให้เกิดผลึกในระบบของซิงค์คริสตัล [6-7] และการเลือกโลหะทรานซิชันชนิด นิกเกิล (Ni) มาใช้เป็นสารให้สีจะสามารถทำให้เกิดผลึกสีชมพูจากการค้นพบของผู้วิจัยเองที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการแพร่สีของออกไซด์ชนิดต่าง ๆ พบว่า นิกเกิลออกไซด์สามารถก่อให้เกิดสีชมพูในระบบกลุ่มวัตถุดิบที่มีกลุ่มต่างประกอบด้วย แบเรียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนต และจากงานวิจัยของผู้วิจัยเองได้ศึกษาการพัฒนาน้ำเคลือบอุณหภูมิต่ำพบว่า การเตรียมเคลือบที่มีอุณหภูมิต่ำทำได้ด้วย (1) ต้องมีวัตถุดิบกลุ่มต่างมากกว่า 4 ชนิด (2) การบดผสมวัตถุดิบให้มีความละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 45 ไมครอน (3) วิธีการเผาในช่วงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ก่อนถึงจุดหลอมตัว ให้ใช้อัตราการขึ้นอุณหภูมิ 0.83 องศาเซลเซียส ต่อนาที และ (4) จำนวนโมลของอลูมินาที่นำมาคิดตามทฤษฎีของเซเกอร์ต้องน้อยกว่า 0.22 หากดำเนินการวิจัยตามภายใต้เงื่อนไขที่กล่าวมา จะสามารถพัฒนาเคลือบดอกซากุระที่หลอมตัวอุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียสได้อย่างสมบูรณ์

2. วิธีดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบการวิจัย โดยแบ่งออกเป็นประเด็นต่างๆ ดังนี้

- 2.1 การออกแบบงานวิจัย งานวิจัยนี้ได้กำหนดอัตราส่วนผสมตามการแปรค่าจากการทฤษฎีเซเกอร์ทั้งหมด 16 อัตราส่วนผสม (ภาพที่ 1) จากนั้นแบ่งออกเป็น 3 ชุดการทดลอง โดยการเติมนิกเกิลออกไซด์ร้อยละ 1.00 1.50 และ 2.00
- 2.2 การหาอัตราส่วนผสมทำการแปรค่าโดยทฤษฎีของเซเกอร์ ดังนี้

วัตถุดิบกลุ่มต่าง

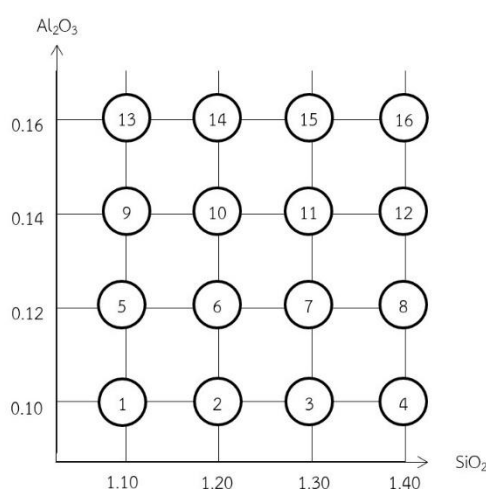
0.10 K_2O
0.40 BaO
0.10 MgO
0.40 ZnO

วัตถุดิบกลุ่มกลาง

0.10-0.16 Al_2O_3

วัตถุดิบกลุ่มกรด

1.10-1.40 SiO_2



ภาพที่ 1 การแปรค่าอลูมินาต่อซิลิกา



ตารางที่ 1 ปริมาณร้อยละของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ได้จากการแปรค่าตามทฤษฎีเซเกอร์มีหน่วยเป็นกรัม

อัตราส่วนที่	โพแทส เฟลด์สปาร์	แบเรียม คาร์บอเนต	แมกนีเซียม คาร์บอเนต	ซิงค์ ออกไซด์	ดินขาว ลำปาง	ซิลิกา
1	27.10	38.40	4.09	15.79	0.00	14.62
2	26.33	37.31	3.98	15.34	0.00	17.05
3	25.60	36.28	3.87	14.92	0.00	19.34
4	24.91	35.30	3.76	14.52	0.00	21.51
5	26.74	37.89	4.04	15.58	2.48	13.27
6	25.99	36.83	3.93	15.14	2.41	15.70
7	25.28	35.82	3.82	14.73	2.35	18.00
8	24.61	34.87	3.72	14.34	2.28	20.18
9	26.39	37.40	3.99	15.38	4.90	11.96
10	25.66	36.36	3.88	14.95	4.76	14.40
11	24.96	35.38	3.77	14.55	4.63	16.70
12	24.31	34.45	3.67	14.17	4.51	18.89
13	26.04	36.91	3.93	15.18	7.25	10.68
14	25.33	35.90	3.83	14.76	7.05	13.12
15	24.66	34.95	3.73	14.37	6.87	15.43
16	24.02	34.04	3.63	14.00	6.69	17.63

หมายเหตุ: ภาพที่ 1 การกำหนด 16 อัตราส่วนผสมบนแผนภูมิแกน X แกน Y ตามทฤษฎีของเซเกอร์ โดยแกน X แทนค่าด้วย SiO_2 มีค่าระหว่าง 1.10 -1.40 ค่าความถี่คือ 0.10 แกน Y แทนค่าด้วย Al_2O_3 มีค่าระหว่าง 0.10-0.16 ค่าความถี่คือ 0.02 ยกตัวอย่างการอ่านค่าจุดที่ 1 ค่าค่าได้ K_2O 0.10 BaO 0.10 MgO 0.40 ZnO 0.10 Al_2O_3 1.10 SiO_2

2.3 คำนวณหาค่าน้ำหนักของวัตถุดิบจำนวน 16 อัตราส่วนผสม เตรียมทั้งหมด 3 ชุดการทดลอง แต่ละอัตราส่วนผสมเตรียมอัตราส่วนผสมละ 500 กรัม

2.4 วิธีการบดใช้การบดแบบเปียก เติมน้ำร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก บดด้วยเครื่องบดความเร็วสูงเป็นเวลา 10 นาที ควบคุมความละเอียดของขนาดอนุภาคเฉลี่ยต้องเล็กกว่า 45 ไมครอน

2.5 ปรับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบอยู่ระหว่าง 1.40-1.45

2.6 เคลือบน้ำเคลือบลงบนแผ่นปิสกิตที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 850 องศาเซลเซียส ให้มีความหนาไม่น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร

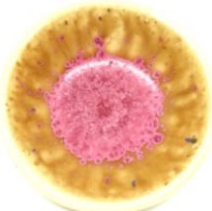
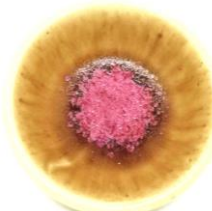
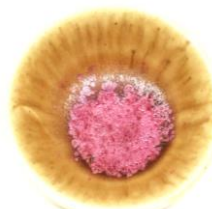
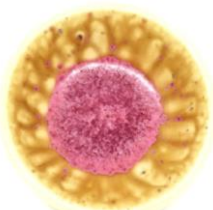
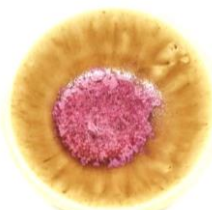
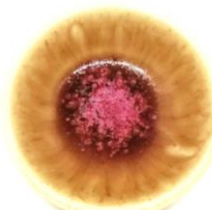
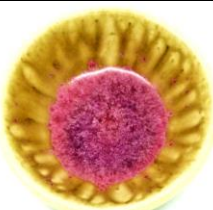
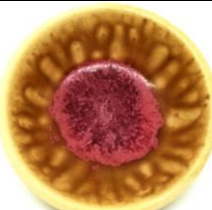
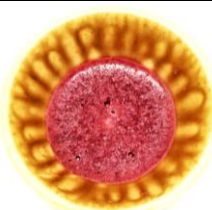
2.7 เผาเคลือบถึงจุดสุกตัวที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส อัตราการขึ้นอุณหภูมิ 2.5 องศาต่อนาที และปรับลดอัตราการเผาช่วง 50 องศาเซลเซียสสุดท้ายเหลือ 0.83 องศาต่อนาที ยืนไฟ 30 นาที



3. ผลการศึกษา

จากการดำเนินงานวิจัย ผลลัพธ์หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 2) พบว่า เคลือบดอกชากระทั่งจำนวน 16 อัตราส่วนมีความมั่นคงวาวปรากฏชัดเจน การไหลตัวพบได้ทั้ง 16 อัตราส่วนผสมแสดงจากความแตกต่างของความหนาของขอบถ้วยและก้นถ้วย ซึ่งสามารถอธิบายปรากฏการณ์การหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส ได้อย่างสมบูรณ์

ตารางที่ 2 ลักษณะการหลอมตัวหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน

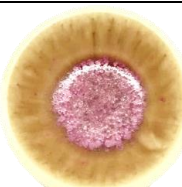
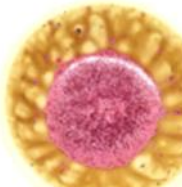
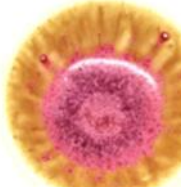
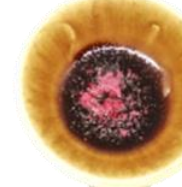
ผลิตภัณฑ์หลังการเผา			
			
อัตราส่วนที่ 13	อัตราส่วนที่ 14	อัตราส่วนที่ 15	อัตราส่วนที่ 16
			
อัตราส่วนที่ 9	อัตราส่วนที่ 10	อัตราส่วนที่ 11	อัตราส่วนที่ 12
			
อัตราส่วนที่ 5	อัตราส่วนที่ 6	อัตราส่วนที่ 7	อัตราส่วนที่ 8
			
อัตราส่วนที่ 1	อัตราส่วนที่ 2	อัตราส่วนที่ 3	อัตราส่วนที่ 4

หมายเหตุ: ตารางที่ 1 น้ำหนักวัตถุดิบ 16 อัตราส่วนผสมมีหน่วยเป็นกรัม จากการแปรค่าตามทฤษฎีของเซเกอร์ โดยใช้จำนวนโมลที่อ่านค่าได้ตามที่อธิบายไว้ตามรูปที่ 1 คำนวณค่าออกมาเป็นร้อยละน้ำหนักวัตถุดิบ

เมื่อทำการเติมนิกเกิลออกไซด์เป็นสารให้สีในปริมาณที่ต่างกัน แสดงลักษณะการเกิดผลึกดอกชากระสีชมพูทั้ง 16 อัตราส่วนผสม ในส่วนของลักษณะการเกิดผลึกมีความแตกต่างกัน คือ เกิดผลึกไม่สมบูรณ์ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ 4, 8, 12 และ 16 ดังแสดงในตารางที่ 3



ตารางที่ 3 ลักษณะของเคลือบดอกชากระที่เติมปริมาณนิกเกิลออกไซด์ต่างกัน

นิกเกิล ร้อยละ	อัตราส่วนผสมที่ 1	อัตราส่วนผสมที่ 2	อัตราส่วนผสมที่ 3	อัตราส่วนผสมที่ 4
1.00				
1.50				
2.00				
นิกเกิล ร้อยละ	อัตราส่วนผสมที่ 5	อัตราส่วนผสมที่ 6	อัตราส่วนผสมที่ 7	อัตราส่วนผสมที่ 8
1.00				
1.50				
2.00				



ตารางที่ 3 ลักษณะของเคลือบดอกซากุระที่เติมปริมาณนิกเกิลออกไซด์ต่างกัน (ต่อ)

นิกเกิล ร้อยละ	อัตราส่วนผสมที่ 9	อัตราส่วนผสมที่ 10	อัตราส่วนผสมที่ 11	อัตราส่วนผสมที่ 12
1.00				
1.50				
2.00				
นิกเกิล ร้อยละ	อัตราส่วนผสมที่ 13	อัตราส่วนผสมที่ 14	อัตราส่วนผสมที่ 15	อัตราส่วนผสมที่ 16
1.00				
1.50				
2.00				



4. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยตารางที่ 2 พบว่าตัวอย่างการวิจัยจำนวน 16 อัตราส่วน สามารถหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาสัดส่วนของปริมาณวัตถุดิบหลักที่มีบทบาทสำคัญต่อการหลอมตัวของเคลือบมากที่สุด แสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนดังกล่าวมีปริมาณของโพแทสเซิลด์สปาร์และแบเรียมคาร์บอเนตเป็นส่วนผสมสูงกว่าร้อยละ 65 โดยน้ำหนักผงแห้ง และมีปริมาณของซิลิกาเป็นส่วนผสมน้อยกว่าร้อยละ 21 โดยน้ำหนักผงแห้ง เนื่องจากสมบัติของโซดาเฟลด์สปาร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำลายโครงสร้างซิลิเกต เมื่อขณะที่อุณหภูมิการหลอมตัว โพแทสเซิลด์สปาร์ ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) เกิดการหลอมละลายไอออนของ K^+ จะหลุดออกจากโครงสร้างเข้าแทรกตัวในโครงสร้างของซิลิเกต (SiO_2) ทำให้โครงสร้างของซิลิเกตมีความแข็งแรงลดลง อุณหภูมิการหลอมตัวจึงลดลงได้ โพแทสเซิลด์สปาร์สามารถหลอมได้ด้วยตัวเองที่อุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเปรียบเทียบเนื้อดินพอร์ซเลนที่ใช้หลักซ์ 2 ชนิดคือ โพแทสเซิลด์สปาร์และโซดาเฟลด์สปาร์ วิเคราะห์ผลด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมตริกและการวิเคราะห์ดิฟเฟอเรนเชียลเทอร์มอล พบว่า โพแทสเซิลด์สปาร์หลอมตัวที่อุณหภูมิ 1195 องศาเซลเซียส [8] ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นช่วยสนับสนุนผลการวิจัยถึงสาเหตุของการหลอมตัวของน้ำเคลือบที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส

จากผลการวิจัยตารางที่ 3 ผลึกมีลักษณะสี่เหลี่ยม และกล่าวได้ว่าอัตราส่วนระหว่างอลูมินาต่อซิลิกา และ ร้อยละการเติมของนิกเกิลออกไซด์มีผลต่อการเกิดผลึก ในกรณีของอัตราส่วนระหว่างอลูมินาต่อซิลิกาส่งผลให้อัตราการเกิดผลึกไม่สมบูรณ์เมื่อพิจารณาอัตราส่วนผสมอลูมินาต่อซิลิกาของอัตราส่วนผสมที่ 4, 8, 12 และ 16 พบว่า อัตราส่วนของทั้ง 5 อัตราส่วนผสมคือ 0, 0.11, 0.23 และ 0.38 ตามหลักการของการเกิดเคลือบผลึก ยิ่งตัวด้านทานการก่อผลึกน้อย การเกิดผลึกควรปรากฏมากขึ้นตาม แต่ผลการทดลองกลับสวนทางกันและแสดงผลการทดลองเพียงเกิดการหลอมตัวมากขึ้น ส่งผลให้ผลึกที่เกิดขึ้นเกิดการหลอมตัว ไม่สามารถก่อรูปเป็นผลึกได้ หรืออีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลชัดเจน คือสัดส่วนของซิงค์ออกไซด์ต่อซิลิกา กล่าวคือโครงสร้างของผลึกหรือที่มีชื่อเรียกตามหลักวิชาการคือ ผลึกวิลลิไมท์ สูตรทางเคมีคือ $2ZnO \cdot SiO_2$ จากสูตรทางเคมีอย่างง่ายแสดงให้เห็นว่า ผลึกวิลลิไมท์ประกอบไปด้วยจำนวนโมลของซิงค์ออกไซด์ 2 โมล และโมลของซิลิกา 1 โมล แต่ด้วยสัดส่วนของซิงค์และซิลิกาของอัตราส่วนที่ 4, 8, 12 และ 16 คือ ซิงค์ออกไซด์ 0.50, 0.50, 0.50 และ 0.58 โมล ต่อซิลิกา 1 โมล มีค่าโมลของซิงค์ออกไซด์ต่ำกว่า 2 มาก เมื่อเทียบกับอัตราส่วนที่ 13 พบว่ามีสัดส่วนซิงค์ออกไซด์ 1.11 โมล ซึ่งใกล้เคียงกับจำนวนโมลของซิงค์ออกไซด์จากโครงสร้างอย่างง่ายและปรากฏเป็นเคลือบขรุขระชัดเจน

การเติมนิกเกิลออกไซด์ลงไปในสูตรเคลือบ พบว่าเคลือบที่มีพื้นสีน้ำตาลและผลึกดอกเข็มสี่เหลี่ยม เนื่องจากนิกเกิลออกไซด์เป็นวัตถุดิบที่มีสมบัติเป็นสารให้สีได้หลากหลายเฉดสี ได้แก่ สีเขียว สีน้ำเงิน สีน้ำตาล สีเทา สีม่วง และสีชมพู [3, 9] และการทำให้เคลือบกลายเป็นสีชมพูขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของวัตถุดิบกลุ่มต่างคือ ซิงค์ออกไซด์กับแบเรียมคาร์บอเนต โดยในสูตรเคลือบของงานวิจัยจะพบว่า มีปริมาณของแบเรียมคาร์บอเนตมากกว่าร้อยละ 30 นั้นแสดงให้เห็นว่า แบเรียมคาร์บอเนตที่มีอยู่ในอัตราส่วนผสมมากกว่าร้อยละ 30 จะส่งผลให้เคลือบที่เติมนิกเกิลออกไซด์เป็นสารให้สีกลายเป็นเคลือบสีชมพู ส่วนร้อยละการเติมนิกเกิลออกไซด์มีผลต่อการเกิดลักษณะเคลือบดอกขรุขระ ยิ่งเติมในปริมาณเพิ่มขึ้น การเกิดลักษณะเคลือบดอกขรุขระยิ่งชัดเจน ยกตัวอย่างอัตราส่วนที่ 13



5. สรุปผลการวิจัย

5.1 การพัฒนาอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบที่สามารถหลอมตัวที่อุณหภูมิ 1220 องศาเซลเซียส สามารถดำเนินการจากการแปลค่าจำนวนโมลของอลูมินาให้น้อยกว่า 2.0 โมล ควบคุมคุณภาพความละเอียดของขนาดอนุภาคให้เล็กกว่า 45 ไมครอน ความถ่วงจำเพาะ 1.40-1.45

5.2 การพัฒนาเคลือบดอกซากุระสามารถเติมนิกเกิลออกไซด์ปริมาณร้อยละ 1.00 1.50 และ 2.00 โดยน้ำหนักของผงแห้งเป็นส่วนผสม

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางที่ให้ออกโอกาสในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณสาขาวิชานวัตกรรมการผลิตและการออกแบบเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณนางสาวศันสนีย์ บุญรักษา นักศึกษาสาขาวิชานวัตกรรมการผลิตและการออกแบบเซรามิกส์ ที่ให้ความร่วมมือเป็นผู้ช่วยนักวิจัย และร่วมดำเนินงานวิจัยจนแล้วเสร็จ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2523). เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- [2] ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2541). เนื้อดินเซรามิก. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- [3] ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2537). เคลือบเซรามิก. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- [4] รมลวัฒน์ หิรัญชาติอนันต์. (2564). วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมมิก. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- [5] นงลักษณ์ มีทอง ประภาวดี ไกรวุฒินันต์ อภิสร สกุลอำนวยชัย สุมาลี จันระวัณยศ ศุภสุดา ภูพาน กุศลมาลย์ ทองขุนด่าน และสุธรรม ศรีหล่มสัก. (2557). อิทธิพลของสัดส่วน Al_2O_3 กับ SiO_2 และรูปแบบการเผาต่อเคลือบผลึกวิลิไมท์. วารสารวิทยาศาสตร์ มข, 42(3), 845-855.
- [6] Ehrt, D. and Flügel, S. (2011). Properties of Zinc Silicate Glasses and Melts. Journal of Materials Science and Engineering, A1, 312-320.
- [7] Karasu, B., Çaki, M. and Turan, S. (2000). The development and characterization of zinc crystal glazes used for Amakusa-like soft porcelains. European ceramic society, 20, 2225-2231.
- [8] ดร. วัณณศิริเวช และสุธี วัณณศิริเวช. (2552). การวิเคราะห์แร่ดิน เคลือบ และตำหนิในผลิตภัณฑ์เซรามิก. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [9] आयुวัฒน์ สว่างผล. (2543). วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.