



Development of Mixing Ratios of Alumina and Silica on Physical Properties of Glazes by Comparing with the Ancient Glaze from the Kiln Source in Mueang District, Lampang Province

¹Winai Tasang, ²Anurak Artitkawin, ¹Siwat Lawanwadeekul & ^{1*}Soravich Mulinta

¹Department of Production Innovation and Ceramics Design, Faculty of Industrials Technology, Lampang Rajabhat University

²Department of Logistics and International Business Management, Faculty of Management Sciences, Lampang Rajabhat University

*Corresponding author: Soravich@lpru.ac.th

Received	Reviewed	Revised	Accepted
23/07/2024	30/07/2024	26/08/2024	29/08/2024

Abstract

This research aimed to study the mixing ratios of alumina and silica on physical properties of ancient glaze for ceramic products. The experiment started with the Seger formula containing primary groups of 0.27-mole Feldspar ($\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$), 0.41 mole Calcium carbonate (CaCO_3), 0.16 mole Magnesium carbonate (MgCO_3) and 0.16-mole Zinc oxide (ZnO), the media group of 0.48 – 0.52 mole Aluminum oxide (Al_2O_3) and acid group of 2.8 – 3.6 mole Silicon dioxide (SiO_2). The glaze was used in ground forms (ground for 4 hours) as an additive in the Seger formula for firing at 1200 °C. The first step's firing condition is neutral firing to an oxidation atmosphere to maximum temperature and soaking at the highest temperature for 15 minutes. The appearance of ancient glaze in formulas 1, 2, and 6 has a clear texture, good melting, flow less, and no cracking. The glaze formula can be applied to the oxidation firing process in the shuttle kiln.

Keywords: Glaze; Feldspar; Ancient Kiln



การพัฒนาอัตราส่วนผสมของอะลูมินาและซิลิกาที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพ ของเคลือบ โดยเทียบเคียงกับเคลือบจากแหล่งเตาโบราณในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

¹วินัย ต๊ะแสง, ²อนุรักษ์ อาทิตย์กวิน, ¹ศิวัช ลาวัลย์วดีกุล และ^{1*}สรวิศ มูลอินตะ

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและการออกแบบเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

²สาขาวิชาโลจิสติกส์และธุรกิจระหว่างประเทศ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

*ผู้นิพนธ์หลัก: Soravich@lpru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาอัตราส่วนผสมอะลูมินาและซิลิกาที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของน้ำเคลือบจากแหล่งเตาเผาโบราณสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิก การทดลองเริ่มต้นจากการกำหนดอัตราส่วนผสมด้วยสูตรเชิงเปอร์เซ็นต์แบ่งเป็นกลุ่มต่างคือ เฟลด์สปาร์ 0.27 โมล แคลเซียมคาร์บอเนต 0.41 โมล แมกนีเซียมคาร์บอเนต 0.16 โมล และซิงค์ ออกไซด์ 0.16 โมล วัตถุดิบกลุ่มกลางคือ อะลูมิเนียมออกไซด์ 0.48 – 0.52 โมล และวัตถุดิบกลุ่มกรวดคือ ซิลิกา 2.8 – 3.6 โมล เตรียมน้ำเคลือบด้วยวิธีการบด 4 ชั่วโมง และเผาที่อุณหภูมิ 1200°C สภาวะการเผาในระยะแรกใช้บรรยากาศแบบเป็นกลาง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นใช้บรรยากาศออกซิเดชันไปจนถึงอุณหภูมิสูงสุดและเย็นไฟระยะเวลา 15 นาที การทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมที่ 1 2 และ 6 มีผิวเคลือบใส มีการหลอมตัวที่ดีและไม่มีการรานตัวเคลือบทั้ง 3 สูตรสามารถนำไปใช้ในการเผาด้วยเผาขัดเตอร์ บรรยากาศออกซิเดชัน

คำสำคัญ: เคลือบ; เฟลด์สปาร์; เตาเผาโบราณ

บทนำ

การสำรวจแหล่งเตาในพื้นที่จังหวัดลำปางทั้ง 13 อำเภอ รวมถึงการสืบค้นข้อมูลจากเอกสาร หนังสือ หรือรายงานการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาในพื้นที่จังหวัดลำปาง พบแหล่งเตาที่กระจายอยู่ทั่วทั้งจังหวัด มีทั้งลักษณะที่เป็นแหล่งเตาเผาโบราณ ชนิดเผาแกร่งหรือแบบเคลือบ และแหล่งเตาเผาพื้นบ้านที่ใช้ดินนาหรือดินพื้นบ้าน จากประวัติศาสตร์ของเครื่องปั้นดินเผา รวมถึงจำนวนแหล่งเตาที่พบในพื้นที่จังหวัดลำปางเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้รูปแบบภาชนะ เครื่องปั้นดินเผาที่พบ มีความหลากหลาย โดยในกลุ่มเตาเผาชนิดเผาไฟสูงแบบเผาแกร่งหรือแบบเคลือบ เป็นกลุ่มเตาโบราณที่พบอยู่ตามแหล่งโบราณคดีที่กระจายตัวอยู่ในพื้นที่ 7 อำเภอ ซึ่งในพื้นที่อำเภอ เมืองจังหวัดลำปาง พบแหล่งเตาเผาโบราณจำนวน 4 แหล่ง ได้แก่ แหล่งเตาเผาทุ่งไห ตำบลตันธงชัย แหล่งเตาเผาห้วยลึก ตำบลบ้านเอื้อม แหล่งเตาเผาบ้านสันกลาง ตำบลบ่อแอ้ว และแหล่งเตาเผาแม่ทะ ตำบลทุ่งผาย จุดรวมของทั้ง 4 แหล่ง คือ ใช้ดินพื้นบ้านเผาที่อุณหภูมิสูง ทำให้สีผลิตภัณฑ์ออกมาสี น้ำตาลเข้ม หรือดำ ส่วนเคลือบที่พบเป็นเคลือบใส เคลือบสีฟ้า และสีเขียวอ่อน (Tumtong, T., 2022) ยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ดัง Figure 1.

การพัฒนาองค์ประกอบตั้งต้นหรือส่วนผสมของเคลือบแต่ละชนิด มักนิยมศึกษาสูตรเคลือบ จากสูตรของเซเกอร์ ซึ่งให้ความสำคัญในด้านขององค์ประกอบทางเคมีของเคลือบตามที่ Phromphik, T. (1980) ได้กล่าวไว้ โดยเซเกอร์ได้จำแนกเคลือบเป็น 3 ชนิด คือ เคลือบตั้งต้นที่เป็นพื้นฐาน (basic glaze) จากนั้นได้มีการเติมสารให้สีเข้าไปรวมในเคลือบกลายเป็นเคลือบสี (color glaze) จนในที่สุดมีการเติมตัวเติมอื่นๆ จนกลายเป็นเคลือบที่มีลักษณะพิเศษ (special glaze) เกิดขึ้นมากมาย (Kosiyapun, S., 1993) ดังนั้นหากสามารถควบคุมเคลือบพื้นฐาน ซึ่งจุดเริ่มต้นให้คงคุณสมบัติเดิม แต่สามารถเผาในอุณหภูมิเดียวกับจุดสูงสุดของเนื้อดินพื้นบ้านที่ 900–1100°C จะส่งผลให้เคลือบที่ได้สามารถใช้งานร่วมกับเนื้อดินได้ รวมถึงเป็นการควบคุมคุณภาพขั้นพื้นฐานที่จะลดปริมาณของเสียหายที่เกิดจากความไม่แน่นอนของวัตถุดิบ เช่น การเกิดสีที่ผิดเพี้ยน เคลือบหลอมตัวไม่สม่ำเสมอ (Chawalawan, S. 2006) นอกจากนี้ Ingsiriwat, P. (1994) ได้กล่าวไว้ว่าเคลือบมีลักษณะเป็นแก้วใส อยู่บนผิวของผลิตภัณฑ์ เมื่อนำไปใช้งานเคลือบบนผิวผลิตภัณฑ์จะสามารถมองเห็นเนื้อดิน ลักษณะของเคลือบใส ส่วนมากจะมีลักษณะผิวมัน เคลือบใสนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ และพอร์ซเลน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเนื้อดินที่มีความละเอียดสูง อีกทั้งนำไปเคลือบทับผลิตภัณฑ์ประเภทเขียนสีได้เคลือบ โดยเคลือบนี้ จะใช้ตัวช่วยหลอมละลาย (fluxing agent) ปริมาณมาก อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับ การหลอมตัว และความขาว-ขุ่นของเฟลด์สปาร์ที่ใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ



Figure 1. Examples of ancient glaze found at the Lampang kiln site.

Tumtong, T. (2024)

บริษัท เอส พี เซรามิก คีโกลเลชั่น จำกัด มีความสนใจพัฒนาด้านเซรามิกอย่างต่อเนื่อง ทั้งในส่วนของเนื้อดิน และน้ำเคลือบ ซึ่งในปัจจุบันบริษัท เอส พี เซรามิก คีโกลเลชั่น จำกัด ได้มีการพัฒนาเนื้อดินพื้นบ้านที่เผาในอุณหภูมิสูง แต่เมื่อทำการทดลองเคลือบชิ้นงานพบปัญหาการยึดเกาะของเคลือบ เกิดการหลุดตัวของผิวเคลือบ จึงมีความสนใจพัฒนาเคลือบสำหรับเนื้อดินพื้นบ้านที่เผาในอุณหภูมิสูง ซึ่งเมื่อผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ เก็บข้อมูลเชิงลึกและเก็บข้อมูล พบว่าทางบริษัท เอส พี เซรามิก คีโกลเลชั่น จำกัด มีความต้องการพัฒนาเคลือบสำหรับเนื้อดินพื้นบ้านที่เผาในอุณหภูมิสูงโดยเลียนแบบผลิตภัณฑ์จากแหล่งเตาเผาโบราณในจังหวัดลำปาง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีเรื่องเล่าและกลิ่นอายของจังหวัดลำปาง ดังนั้นผู้วิจัยและคณะได้ลงพื้นที่แหล่งเตาโบราณ จำนวน 4 แหล่ง ในช่วงต้นเพื่อศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและได้ตระหนักถึงความสำคัญ ในการพัฒนาเคลือบและเนื้อดินให้เป็นเอกลักษณ์ประจำถิ่นจังหวัดลำปาง โดยนำมาใช้在公司 เอส พี เซรามิก คีโกลเลชั่น จำกัด งานวิจัยครั้งนี้จะช่วยกระตุ้นให้เกิดการวิจัย ที่นำทุนทางวัฒนธรรมมาใช้ในการยกระดับมูลค่าสินค้าและแก้ปัญหาที่พบในโรงงาน เพื่อตอบโจทย์ความต้องการของภาคอุตสาหกรรมอย่างแท้จริง สร้างความเชื่อมโยงระหว่างอุตสาหกรรมและนักวิจัย ให้เกิดการพัฒนาต่อไป

วิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมน้ำเคลือบ ใช้วัตถุดิบเกรดทางการค้าประกอบด้วยเฟลด์สปาร์ แคลเซียมคาร์บอเนต แบเรียมคาร์บอเนต ดินขาวลำปาง และซิลิกา ในส่วนของขั้นตอนเตรียมจากน้ำดินหล่อเนื้อสโตนแวร์ บริษัท เอส พี เซรามิก คีโกลเลชั่น จำกัด จังหวัดลำปาง

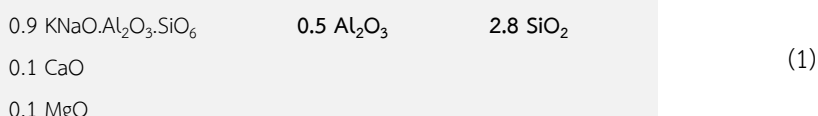


2. วิธีการทดลอง

2.1 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยได้แก่ ความรู้ทั่วไปของเคลือบ กลไกการเกิดเคลือบ ปฏิกริยาทางเคมีในเคลือบเทคนิคและวิธีการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของเคลือบเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำเคลือบ และกระบวนการเผาเคลือบ นอกจากนี้ยังทบทวนวรรณกรรมในส่วนของการวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์เคลือบดินเผาของแหล่งเตาเมืองวังจากผลงานวิจัยของ Tamonwat H. *et al.*, 2021. ได้แสดงไว้ตาม Table 1 จากนั้นทำการคำนวณเพื่อหาสัดส่วนโมลของอะลูมินาและซิลิกาสำหรับใช้ในการออกแบบอัตราส่วนผสม ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีสามารถคำนวณดังสมการที่ 1 เป็นจำนวนโมลของอะลูมินา 0.5 และ 2.8 โมลของซิลิกาสามารถนำไปใช้ในเป็นอัตราส่วนในการกำหนดสูตรเซเกอร์ได้

Table 1. Chemical composition of pottery, Tao Ped, Pa Hiang, Lampang Province

สารประกอบ	องค์ประกอบทางเคมี (Wt.%)
ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2)	66.533
อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	17.80
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	5.889
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	1.085
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	6.044
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.760
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.973
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.792



2.2 การกำหนดอัตราส่วนผสมของเคลือบ โดยเลือกวิธีการอ้างอิงสูตรเคลือบจากทฤษฎีเซเกอร์ และงานวิจัยที่เกิดขึ้น โดยการเขียนแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มต่าง, กลุ่มกลาง และกลุ่มกรด สูตรเคลือบเขียนตามน้ำหนักโมเลกุลของวัตถุดิบ คำนวณปริมาณของวัตถุดิบออกมาเป็นอัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก การเลือกแทนค่าวัตถุดิบในสูตรเคลือบกำหนดให้แทน X แทนด้วยวัตถุดิบอะลูมินา และแทน Y แทนด้วยวัตถุดิบซิลิกา ให้มีระยะห่างจำนวน 0.2 โมล วัตถุดิบกลุ่มต่างประกอบด้วย



เฟลด์สปาร์ ($\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_6$) จำนวน 0.27 โมล แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) จำนวน 0.41 โมล แมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO_3) จำนวน 0.16 และซิงค์ออกไซด์ (ZnO) จำนวน 0.16 โมล การกำหนดอัตราส่วนโมลดัง Figure 2 และทำการคำนวณสูตรที่ใช้ในการทดลองด้วยคิดเป็นร้อยละตามวิธีการของ Sombun Aranyapak. (2010) แสดงอัตราส่วนผสมดัง Table 2

0.27 $\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_6$	0.48-0.54 Al_2O_3	2.8-3.6 SiO_2
0.41 CaCO_3		
0.16 MgCO_3		

(2)

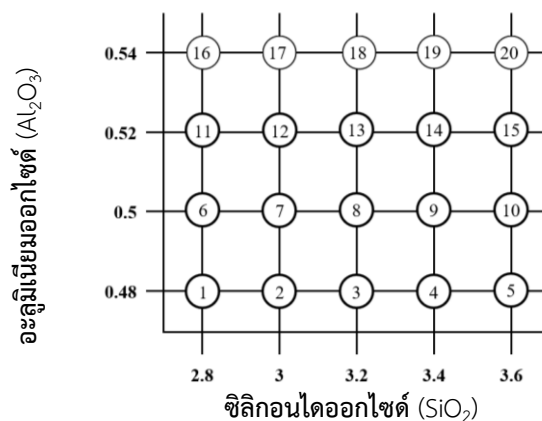


Figure 2 Seger Formula Diagram

Table 2 Mixing ratio used in the experiment

อัตรา ส่วนผสม	วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง (ร้อยละ)					
	โพแทสเซียม เฟลด์สปาร์	แคลเซียม ออกไซด์	แมกนีเซียม คาร์บอเนต	ซิงค์ออก ไซด์	ดินขาว ลำปาง	ซิลิกา
1	27	8	6	3	24	32
2	27	8	6	2	23	34
3	26	8	6	2	23	35
4	26	7	6	2	22	37
5	25	7	6	2	22	38
6	27	8	6	2	25	32



อัตรา ส่วนผสม	วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง (ร้อยละ)					
	โพแทสเซียม เฟลด์สปาร์	แคลเซียม ออกไซด์	แมกนีเซียม คาร์บอเนต	ซิงค์ออก ไซด์	ดินขาว ลำปาง	ซิลิกา
7	26	8	6	2	24	34
8	26	7	6	2	24	35
9	26	7	6	2	23	36
10	25	7	6	2	23	37
11	27	8	6	2	25	32
12	26	8	6	2	25	33
13	26	7	6	2	24	35
14	25	7	6	2	24	36
15	26	7	5	2	23	37
16	27	8	6	2	26	31
17	26	7	6	2	25	33
18	26	7	6	2	25	34
19	25	7	6	2	24	36
20	25	7	5	2	24	37

3. การเตรียมชิ้นทดสอบ และชิ้นงานผลิตภัณฑ์จากน้ำดินหล่อสำเร็จรูป

3.1 ชิ้นทดสอบ (test piece) นำน้ำดินหล่อสำเร็จรูปจากบริษัท เอส พี เซรามิค คีอลเลคชั่น จำกัด มาขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์จำนวน 500 ชิ้น เพื่อทดสอบสีที่ปรากฏ ความใส และการไหลตัวของเคลือบ

3.2 การตากแห้ง (drying) ชิ้นทดสอบที่ผ่านการตกแต่ง ตากแห้งในอุณหภูมิห้องด้วยเวลา ประมาณ 2-3 วัน จากนั้นจึงนำชิ้นทดสอบเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 1 วัน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แห้งสนิท มีความชื้นหลงเหลือไม่เกินร้อยละ 2-3

4. การเตรียมน้ำเคลือบ (glaze preparation)

4.1 การกำหนดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเคลือบ (specific gravity) น้ำเคลือบสำหรับชุบ ผลิตภัณฑ์จะต้องมีความถ่วงจำเพาะพอเหมาะ มีปริมาณน้ำที่ผสมพอดีกับเนื้อของวัตถุดิบที่เตรียมไว้ โดยทำการวัดความถ่วงจำเพาะของเคลือบให้อยู่ในระหว่าง 1.50-1.55 เนื่องจากชิ้นทดสอบที่ใช้เป็นแบบดินผ่านการเผาดิบ เคลือบที่มีความถ่วงจำเพาะของเคลือบสูงจะเกาะกับผิวชิ้นทดสอบได้ดี

4.2 การชุบเคลือบโดยวิธีการจุ่ม (dipping glaze) ขั้นตอนการชุบเคลือบ ผู้วิจัยได้พิจารณาถึงความหนาของเคลือบบนชิ้นทดสอบที่ได้ความหนาที่สม่ำเสมอ โดยเลือกวิธีการจุ่ม (dipping) เพื่อเปรียบเทียบระหว่างชิ้นทดสอบที่ทำการชุบเคลือบบาง กับชิ้นทดสอบที่ทำการชุบเคลือบหนา โดยทำการจับเวลาในระหว่างการจุ่มชิ้นทดสอบลงในน้ำเคลือบที่ทำการกวนให้เคลือบลอยตัวได้ดี โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่ 3 วินาที ทิ้งไว้จนแห้ง แล้วจึงนำไปผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1200 °C เพื่อติดตามผลการเปลี่ยนแปลงหลังการเผา

4.3 การทดลองเผาชิ้นทดสอบ (firing) ขั้นตอนในการเผาชิ้นทดสอบ ทำการเผาเลียนแบบโปรแกรมการเผาของ บริษัท เอส พี เซรามิค คีออลเคชั่น จำกัด จังหวัดลำปาง แต่จะทำการเผาที่อุณหภูมิ 1200°C ในอัตราการเผา 3 °C/min บรรยากาศแบบออกซิเดชันแสดงดัง Figure 4. ในการทดสอบครั้งนี้จะทำการทดสอบโดยการผสมอัตราส่วนทั้งสองชนิดเข้าหากันเพื่อสังเกตถึงลักษณะพื้นผิวที่ปรากฏการหลอมตัวของเคลือบ การไหลตัวของเคลือบ และสีของผิวเคลือบ

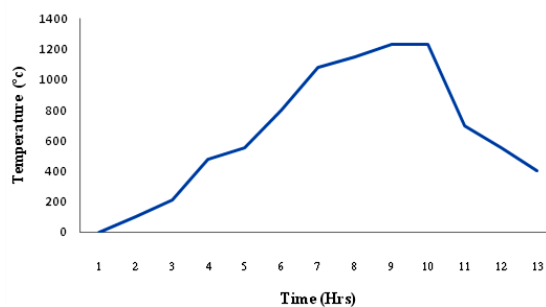


Figure 3 Firing Program of S.P Ceramic Collection LTD.

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนผสมของอะลูมินาและซิลิกาที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของเคลือบ โดยเทียบเคียงกับเคลือบจากแหล่งเตาโบราณในพื้นที่อำเภอมือง จังหวัดลำปาง ดังแสดงเป็นแผนภาพใน Figure 4.

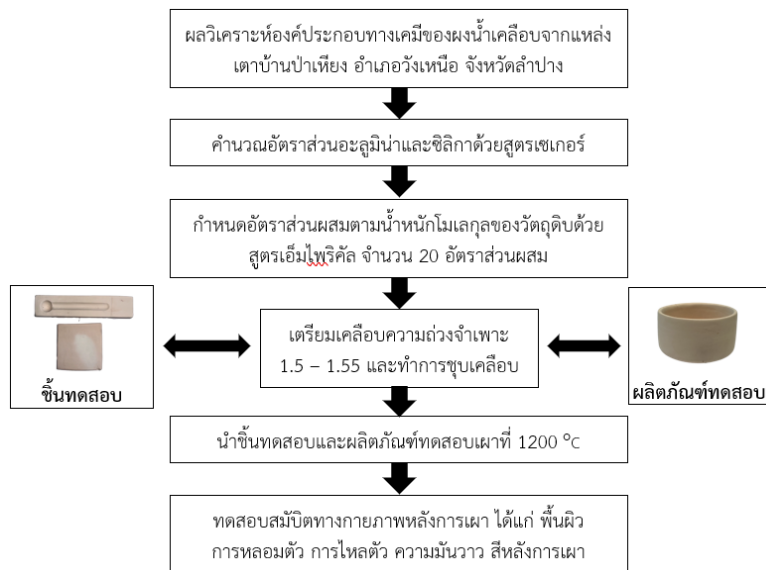


Figure 4 Experimental procedure of research

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวที่ปรากฏของเคลือบ พบว่าชิ้นทดสอบของเคลือบที่ผ่านการเผา ที่อุณหภูมิ 1200°C ลักษณะพื้นผิวที่ปรากฏพบว่า เคลือบปรากฏผิวมันวาวในปริมาณของซิลิกา 2.8 – 3.2 โมล และปริมาณอะลูมินา 0.48 – 0.52 เกิดกลไกของการจับตัวปรับเปลี่ยนไอออนระหว่าง อะลูมินา-ซิลิกอน-ออกซิเจนโดยออกซิเจนที่ไม่เชื่อมกัน ทำให้ผิวเคลือบปรากฏเป็นเคลือบในสอดคล้อง กับผลงานวิจัยของ Janusz, P. *et al.*, 2015. ที่กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของแก้วและการก่อผลึกบนผิว เคลือบ ในการใช้วัตถุดิบเป็นตัวช่วยหลอมละลายเช่น เฟลด์สปาร์ แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียม ออกไซด์ และซิงค์ออกไซด์ มีส่วนสำคัญกับอะลูมินาเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากการรวมตัวของซิงค์อะลูมินา ซิลิเกต ($\text{ZnAl}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2$) ทำให้เกิดพฤติกรรมที่สามารถสร้างแก้วและคุณสมบัติเชิงโครงสร้างระหว่าง ระบบอะลูมินาซิลิเกต MgO และ ZnO สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Laurent, C. *et al.*, 2021. ทำให้พื้นผิวของเคลือบมีลักษณะปรากฏเป็นผิวมันวาว ในส่วนปริมาณของซิลิกา 3.4 – 3.6 โมล และปริมาณอะลูมินา 0.52 – 0.54 โมล ลักษณะที่ปรากฏเป็นผิวมันวาวทั้งด้าน นอกจากนี้นี้ยังพบว่าใน อัตราส่วนที่ 13 ถึง 20 ลักษณะผิวเคลือบที่ปรากฏเกิดลักษณะผิวสัมผัสและฟองอากาศใต้เคลือบจะเห็นได้ ว่าเมื่อปริมาณของซิลิกาเพิ่มมากขึ้น เคลือบจะเกิดผิวมันวาวทั้งด้านและผิวด้าน แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของ อะลูมินาเคลือบจะปรากฏเกิดผิวมันวาวทั้งด้าน สีของผิวเคลือบภายหลังการเผาพบว่า



ผิวเคลือบในอัตราส่วนที่ 1, 2, 6 และ 7 ปรากฏเป็นความใส และเมื่อปริมาณของอะลูมินาเพิ่มขึ้นจะปรากฏเกิดผิวกึ่งมันกึ่งด้าน และเกิดหลุมเคลือบในอัตราส่วนที่ 3 ผลการทดสอบปรากฏดัง Figure 5.

การทดสอบหลอมตัวของเคลือบเผาที่อุณหภูมิ 1200°C บรรยากาศรีดักชัน จากการทดลองพบว่า เคลือบหลังการเผาเกิดการหลอมตัว โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากทรงกรวยแผ่กระจายตัวออก ซึ่งการหลอมตัวของเคลือบขึ้นอยู่กับปริมาณของซิลิกาที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 2.8 – 3.6 โมล ลักษณะการหลอมตัวของเคลือบจะลดลงสังเกตได้จากอัตราส่วนผสมที่ 1 – 5 เมื่อปริมาณของอะลูมินาเพิ่มขึ้น 0.48 – 0.54 โมล การหลอมตัวของเคลือบจะมีการแผ่กระจายลดลง ซึ่งจะเห็นได้จากผลของเคลือบหลังการเผาในอัตราส่วนผสมที่ 1, 6, 11 และ 16 ปรากฏดัง Figure 6.

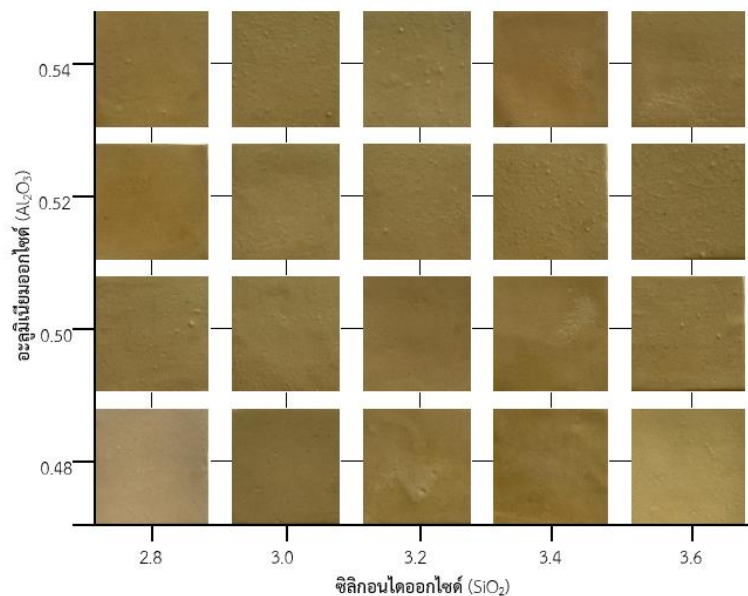


Figure 5 Appearance texture of specimens of glazes after fired 1200°C

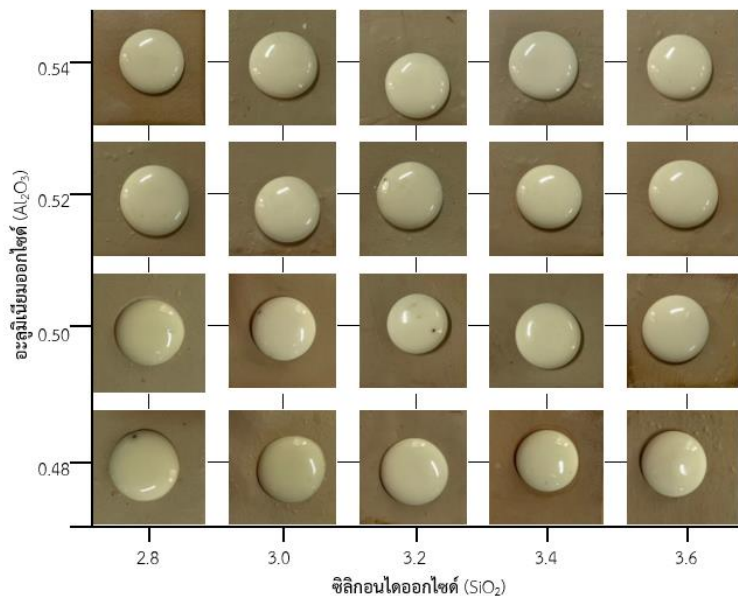


Figure 6 Melting of specimens of glazes after fired 1200°C

การทดสอบการไหลตัวของเคลือบเผาที่อุณหภูมิ 1200°C บรรยากาศรีดักชัน จากการทดลองพบว่า เคลือบมีการไหลตัวสูงในอัตราส่วนผสมที่ 1 และเมื่อปริมาณของอะลูมินาเพิ่มขึ้นการไหลตัวของเคลือบลดลงเล็กน้อย นอกจากนี้เมื่อปริมาณของซิลิกาเพิ่มมากขึ้นการหลอมตัวของเคลือบจะลดลงเห็นได้อย่างชัดเจน เนื่องจากซิลิกาเป็นวัตถุดิบทนไฟในน้ำเคลือบ ซึ่งมีจุดหลอมตัวอยู่ที่ 1710°C ด้วยเหตุนี้ปริมาณของซิลิกาจึงส่งผลต่อการไหลตัวของเคลือบ นอกจากนี้ผลงานวิจัย (Michael, O.A., 2021) ได้ให้กล่าวถึงการหลอมตัวของเคลือบอันเนื่องมาจากปริมาณของโพแทสเซียมในอัตราส่วนผสม โดยโพแทสเซียมจะมีจุดหลอมละลายต่ำและมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเป็นลูไซต์ ที่อุณหภูมิ 1100°C ซึ่งจะส่งผลต่อการหลอมตัวของน้ำเคลือบ ผลการเปรียบเทียบปรากฏดัง Figure 7.

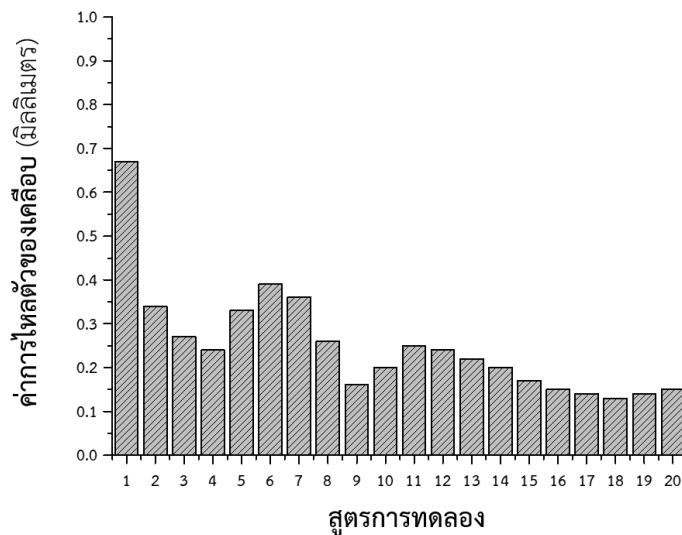


Figure 7 The flow of glaze after firing at 1200°C

ผลการทดสอบค่าความมันวาวของผิวเคลือบพบว่า ลักษณะของเคลือบมีค่าความมันวาวทุกอัตราส่วนผสม โดยค่าระดับความมันวาวของผิวเคลือบทำการวัดด้วยเครื่องวัดความเงา Gloss Unit (GU) ผลการทดสอบผิวเคลือบอยู่ระหว่าง 18 – 58 GU โดยมีผิวเคลือบที่มีความมันวาวสูงกว่า 58 GU ในอัตราส่วนผสมที่ 1 และผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าความมันวาวของผิวเคลือบของผลิตภัณฑ์จากแหล่งเตาบ้านป่าเหียง พบว่ามีค่าความมันวาวคือ 48 GU เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าความมันวาวของผิวเคลือบพบว่า อัตราส่วนผสมอะลูมิน่า 0.48 – 0.5 และซิลิกา 2.8 – 3.0 โมล มีค่าความมันวาวใกล้เคียงกับค่าความมันวาวของผิวเคลือบของผลิตภัณฑ์จากแหล่งเตาบ้านป่าเหียง ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดสอบค่าความมันวาวขึ้นอยู่กับปริมาณของซิลิกาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากซิลิกาเป็นสารทนไฟสูงมีจุดหลอมละลายที่ 1710°C ถ้าใช้ในปริมาณมากมักจะทำให้เคลือบด้านหรือเคลือบกึ่งด้านได้ (Ingsirawat, P., 1994) & (Sawangphon, A., 2000) ผลการเปรียบเทียบดัง Figure 8.

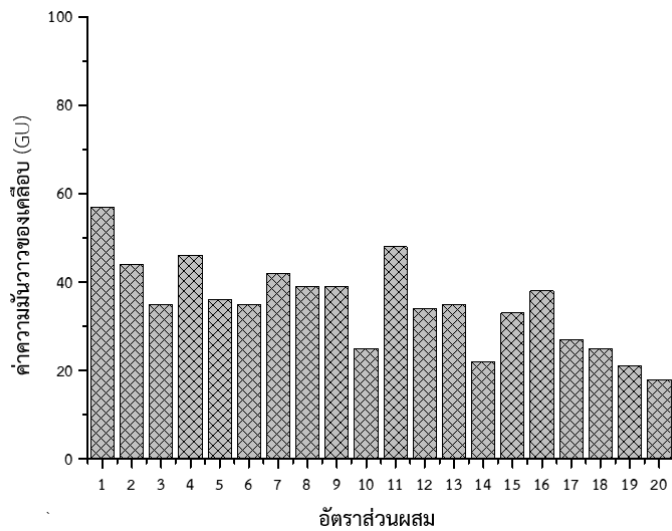


Figure 8 The glossy glaze texture after firing at 1200°C

Table 3 The color value of the glaze and the clay after fired

อัตราส่วนผสม	ค่าสีของผิวเคลือบ			ค่าสีของผิวเนื้อดินปั้น		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	64.46	-0.79	18.31	63.37	1.02	18.11
2	63.38	-0.25	17.62	61.03	2.33	18.76
3	62.75	-0.26	17.22	59.99	3.58	19.53
4	61.95	-0.00	18.35	60.72	2.67	19.56
5	64.52	-1.33	16.92	64.5	-0.03	16.59
6	64.25	-1.23	17.31	63.8	0.00	17.44
7	64.46	-1.04	17.23	64.25	0.46	16.99
8	61.16	-0.07	17.68	59.37	3.91	20.39
9	62.4	-0.06	17.68	59.83	3.11	19.95
10	61.73	-0.38	18.13	64.38	0.32	17.35
11	61.31	0.78	19.29	58.93	5.06	21.57
12	63.65	-1.19	17.59	63.12	1.55	18.4
13	62.07	-1.13	17.5	63.41	1.38	18.81
14	62.33	-0.46	18.26	63.23	0.23	18.42



อัตรา ส่วนผสม	ค่าสีของผิวเคลือบ			ค่าสีของผิวเนื้อดินปั้น		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
15	62.68	-0.89	17.65	65.07	0.28	16.88
16	62.16	0.47	18.68	61.53	2.13	18.5
17	63.67	-0.89	17.66	62.38	1.14	19.04
18	62.34	-0.76	17.82	61.45	2.44	18.85
19	59.01	1.33	18.82	60.69	3.3	19.61
20	60.75	-2.26	16.6	61.52	1.54	18.03

ผลการเปรียบเทียบค่าสีของเคลือบกับเนื้อดินปั้น ผลการทดสอบความสว่างและค่าสีของเคลือบภายหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 1200°C มีผลการทดสอบดัง Table 3 จากผลการวัดค่าความสว่าง (L*) ค่าสี (a*) และ ค่า (b*) ด้วยเครื่องวัดสี โดยแบ่งกลุ่มตามการเกิดสี สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้ กลุ่มสีน้ำตาลอ่อน มีค่า L* อยู่ระหว่าง +17.57 ถึง +30.56 มีค่าสี a* อยู่ระหว่าง -0.64 ถึง +4.13 ค่าสี b* อยู่ระหว่าง +6.01 ถึง +16.91 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 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

สรุปผลการวิจัย

การทดลองการศึกษาอัตราส่วนผสมที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของเคลือบ โดยเทียบเคียงกับเคลือบจากแหล่งเตาโบราณในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง และการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเคลือบโดยเทียบเคียงกับเคลือบจากแหล่งเตาโบราณในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ผลการทดลองพบว่า ขึ้นทดสอบของเคลือบของที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1200°C ลักษณะพื้นผิวที่ปรากฏพบว่า เคลือบปรากฏผิวมันในปริมาณของซิลิกา 2.8 – 3.2 โมล และปริมาณอะลูมินา 0.48 – 0.52 ส่วนปริมาณของซิลิกา 3.4 – 3.6 โมล และปริมาณอะลูมินา 0.52 – 0.54 ลักษณะที่ปรากฏเป็นผิวกึ่งมันกึ่งด้าน นอกจากนี้ยังพบว่าในอัตราส่วนที่ 17, 18, 19 และ 20 เคลือบเกิดลักษณะผิวสัมผัสเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณของซิลิกาเพิ่มมากขึ้น เคลือบจะเกิดผิวกึ่งมันกึ่งด้านและผิวด้าน แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของอะลูมินาเคลือบจะปรากฏเกิดผิวกึ่งมันกึ่งด้าน สีขุนที่ปรากฏของเคลือบภายหลังจากการเผาพบว่า เคลือบในอัตราส่วนที่ 1, 2, 6 และ 7 ปรากฏเป็นความใส และเมื่อปริมาณของอะลูมินาเพิ่มขึ้น จะปรากฏเกิดผิวกึ่งมันกึ่งด้าน และเกิดหลุมเคลือบในอัตราส่วนที่ 17 และ 18 ในส่วนของการหลอมตัว



ของเคลือบขึ้นอยู่กับปริมาณของซิลิกาที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 2.8–3.6 โมล ลักษณะการหลอมตัวของเคลือบจะลดลงสังเกตได้จากอัตราส่วนผสมที่ 1 – 5 เมื่อปริมาณของอะลูมินาเพิ่มขึ้น 0.48 – 0.54 โมล การหลอมตัวของเคลือบจะมีการแผ่กระจายลดลง ซึ่งจะเห็นได้จากผลของเคลือบหลังการเผาในอัตราส่วนผสมที่ 1, 6, 11 และ 16 และผลการทดสอบเคลือบมีการไหลตัวสูงในอัตราส่วนผสมที่ 1 และเมื่อปริมาณของอะลูมินาเพิ่มขึ้นการไหลตัวของเคลือบลดลงเล็กน้อย จากผลการทดลองสามารถสรุปอัตราส่วนผสมอะลูมินา 0.48 – 0.5 และซิลิกา 2.8 – 3.0 โมล สมบัติทางกายภาพของเคลือบที่อยู่ในช่วงนี้เคลือบจะมีความใส ผิวเรียบ มันวาว การหลอมตัวและการไหลตัวได้ดี ลักษณะที่ปรากฏโดยรวมจากผลิตภัณฑ์ทดสอบของเคลือบไม่เกิดตำหนิของผิวเคลือบ มีลักษณะที่สามารถใช้ในการเลียนแบบผิวเคลือบของผลิตภัณฑ์จากแหล่งเตาบ้านป่าเหียงได้ ซึ่งได้คัดเลือกอัตราส่วนผสมที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตได้จำนวน 3 อัตราส่วนผสมดังนี้ 1) อัตราส่วนผสมที่ 1 ประกอบด้วย โปแทสเซียมเฟลด์สปาร์ร้อยละ 27, แคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 8, แมกนีเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 6 ซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 3, ดินขาวลำปางร้อยละ 24 และซิลิการ้อยละ 32 2) อัตราส่วนผสมที่ 2 ประกอบด้วย โปแทสเซียมเฟลด์สปาร์ร้อยละ 27, แคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 8, แมกนีเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 6, ซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 2, ดินขาวลำปางร้อยละ 23 และซิลิการ้อยละ 34 3) อัตราส่วนผสมที่ 6 ประกอบด้วย โปแทสเซียมเฟลด์สปาร์ร้อยละ 27, แคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 8, แมกนีเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 6, ซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 2, ดินขาวลำปางร้อยละ 25 และซิลิการ้อยละ 32 สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตของบริษัท เอส พี เซรามิค คีออลเลชั่น จำกัดได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยภายใต้งบกองทุนวิจัยวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 เลขที่สัญญา 009/2566 และขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยในการทำให้การวิจัยผ่านไปด้วยดี



References

- Aranyapak, S. (2010). *Principles of Ceramic Glazes*. Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Chawalawan, S. (2006). *Ceramics*. Bangkok: Odeonstore Printing Co., Ltd.
- Ingsiriwat, P. (1994). *Ceramic Glaze Formulas Total*. Bangkok: Odeonstore Printing Co., Ltd.
- Janusz, P., Maciej, S., Magdalena, L., Katarzyna, G. & Piotr, J. (2015). The effect of $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratio on the structure and microstructure of the glazes from $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--CaO--MgO--Na}_2\text{O--K}_2\text{O}$ system. *Journal of Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 134, 621 – 630.
- Kosiyapun, S. (1993). *Glaze for pottery*. Bangkok: Thai WattanaPanich Printing Co., Ltd.
- Laurent, C., Ludovic, D., Benoit, B. & Valérie, M. (2021). Vitrification, crystallization behavior, and structure of zinc aluminosilicate glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 555, 120609.
- Michael, O.A. (2021). Physicochemical analyses of feldspar ceramic glazes produced with borax and potash. *International Journal of Advances in Engineering and Management*, 3(7), 2326 – 2331.
- Phromphik, T. (1980). *Introduction of Ceramic*. Bangkok: Odeonstore Printing Co., Ltd.
- Sawangphon, A. (2000). *Raw materials widely used in ceramics*. Bangkok: Odeonstore Printing Co., Ltd.
- Tamonwat, H., Thitima, K., Soravich, M., Siwat, L., Chontanat, S., Anurak, A., Paweena, N., Kattiya, K., Sirima, A., Narathip, W., Winai, T. & Supakorn, T. (2021). *Development of household ceramic entrepreneurs with a new identity from Culture Capital of Lampang Province*. (Research Report). Lampang: Lampang Rajabhat University.
- Tumtong, T. (2022). *Development and History of Lampang Pottery*. Chiang Mai: Charoenwat Printing Co., Ltd.
- Tumtong, T. (2024). *The source of the Ban Pa Hiang pottery kiln is Wang Nuea Subdistrict*. Retrieved from <https://www.lampangculture.com/a3-view.php?id=6>